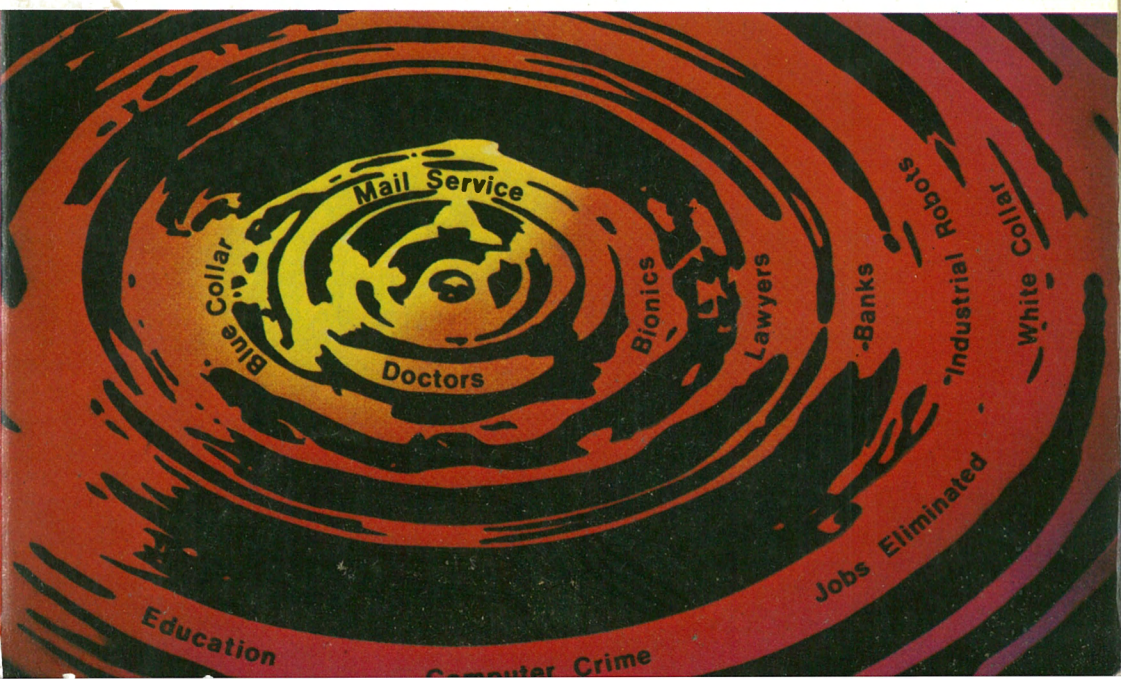
MICROELETTRONICA:

La nuova Rivoluzione Industriale

EDIZIONE ITALIANA

ADAM OSBORNE

GRUPPO EDITORIALE JACKSON

MICROELETTRONICA:
La nuova Rivoluzione Industriale

Adam Osborne

GRUPPO
EDITORIALE
JACKSON
Via Rosellini, 12
20124 Milano

SOMMARIO

INTRODUZIONE

Ci troviamo ormai da sei anni avviati verso una nuova rivoluzione industriale, il cui impatto potrà essere senz'altro paragonato a quelle precedenti.

Di tutti i posti di lavoro che si trovano nel mondo dell'industria oggi, forse la metà verrà eliminata nel corso dei prossimi venticinque anni. Dalle linee di montaggio alle agenzie di cambio, verranno eliminate in ugual misura sia le mansioni dei cosiddetti colletti bianchi, sia quelle dei colletti blu. I posti di lavoro che rimarranno imporranno esigenze nuove sia a chi si troverà alla ricerca di un impiego sia ai datori di lavoro. Con una buona pianificazione, il risultato globale potrà essere di beneficio sostanziale per tutti: la gente avrà più tempo per perseguire scopi personali e ne perderà meno per cercare di risolvere questioni marginali. Ma senza una adeguata pianificazione, potremmo benissimo andare incontro ad un caos angoscioso. L'uso improprio dei computer, per fare un esempio, costituisce già ora un problema urgente, la cui soluzione deve essere ricercata in tempi brevissimi.

La nuova rivoluzione industriale ha preso avvio dall'industria dei semiconduttori, in gran parte localizzata in un'area geografica a sud di San Francisco, soprannominata "Silicon Valley". Tale nome deriva dal prodotto principale dell'industria dei semiconduttori, i complessi circuiti elettronici costruiti su piccolissimi pezzi di silicio.

Questi circuiti vengono chiamati "dispositivi microelettronici". (Una descrizione panoramica della microelettronica viene data in termini non tecnici nell'Appendice A).

Perché mai l'industria dei semiconduttori e la microelettronica hanno dato origine ad una nuova rivoluzione industriale? È legittimo chiedersi perché rappresentino un'attività così "speciale". Negli ultimi tempi la stampa giornalistica ha dedicato articoli pieni di sensazione alla microelettronica. Si può dire che una volta tanto i giornalisti si sono trovati di fronte ad una realtà così stupefacente da superare le loro capacità di immaginazione; se vi è stato del sensazionalismo, questa volta si può dire del tutto giustificato. Siamo stati infatti testimoni di avanzamenti tecnologici e di riduzioni di prezzi talmente sbalorditivi da fare impallidire i pur straordinari progressi degli ultimi cinquant'anni. Ad esempio, un computer che riempiva una stanza e costava mezzo milione di dollari nel 1959 al giorno d'oggi può essere posto sull'unghia di un dito e costare cinque dollari. L'elettronica che viene oggi impiegata in un forno a microonde di uso casalingo, vent'anni fa avrebbe occupato più spazio e sarebbe costata di più del forno stesso.

I progressi tecnologici e le riduzioni di prezzi hanno fatto precipitare una rivoluzione proprio perché nessuno è stato in grado di predire gli avvenimenti e tantomeno di pianificarli. Gli uomini guida dell'industria dei semiconduttori hanno costantemente sottostimato le possibilità delle loro aziende. I presidenti delle società tecnologicamente all'avanguardia, che avrebbero dovuto prevedere le conseguenze della microelettronica per quanto concerneva la produzione stessa delle loro aziende, furono di solito gli ultimi a comprendere la situazione. Intere industrie, come quelle dei calcolatori ed orologi meccanici, sono state messe in serie difficoltà o addirittura spazzate vie dalla concorrenza, da loro insospettata, dell'industria dei semiconduttori. E con ogni industria che viene spazzata via, una frazione della forza lavoro perde il suo impiego.

Che cosa possiamo fare per il futuro?

Forse l'aspetto più paralizzante della rivoluzione industriale della microelettronica è l'incapacità dei legislatori e dei sociologi a misurarsi con la realtà: nessuno sa da che parte bisogna incominciare. Si possono fare delle leggi, ma non si è realmente in grado di prevederne l'effetto.

Né ci possiamo rivolgere per avere un parere ai manager più anziani ed esperti delle aziende tecnologicamente all'avanguardia. Il loro curriculum in materia di previsione del futuro tecnologico non rappresenta certo un motivo di vanto.

Ai manager anziani va peraltro tutta la mia comprensione e simpatia. Nello scrivere la prima stesura di questo libro, predissi che un certo numero di eventi si sarebbero verificati nei prossimi dieci anni; delle ricerche fatte successivamente misero in luce che gran parte si erano già verificati. Ciononostante è possibile fare alcune predizioni tecniche a proposito del futuro che la microelettronica ci sta preparando. Ma risulta quasi impossibile fare previsioni esatte in materia di interazioni fra effetti tecnologici ed economici e la natura umana. Molte innovazioni tecnicamente possibili saranno ostacolate dallo scetticismo, se non dall'ostilità della gente. Ad esempio, i distributori automatici ormai da cinquant'anni offrono agli americani la possibilità di eliminare i camerieri dai ristoranti. La catena USA di distributori automatici Horn & Hardart impiega macchine funzionanti a gettone per la distribuzione di vivande. In futuro si potrebbero schiacciare dei pulsanti numerati di un pannello di controllo ed azionare una macchina in grado di preparare piatti esotici a comando. Ma ho il sospetto che la gente rifiuterebbe questa alternativa ai camerieri, la cui professione sopravviverà di sicuro, anzi continuerà a prosperare nel nuovo mondo tecnologico.

D'altra parte, anche qualora la società rigettasse l'idea che i robot sostituiscano l'uomo in parecchi lavori dell'indu-

stria, le ragioni economiche prevarranno imponendo tale linea di sviluppo.

È relativamente facile per me prevedere le possibilità della microelettronica; rimane però sempre difficile la valutazione delle conseguenze sociali. Ciò forse è dovuto al fatto che chi scrive è un esperto in microelettronica, e non in scienze sociali. Di conseguenza, le ambizioni dell'autore di questo libro si limitano alla descrizione degli eventi tecnologici che si sono verificati, ed alla predizione di alcune eventualità che si possono ritenere possibili in futuro. Cercherò anche di soppesare i fattori umano ed economico rispetto a quello della realizzabilità tecnica, sempre però nelle vesti di un osservatore estemporaneo. Le conclusioni sociologiche ed economiche alle quali perverrò dovranno pertanto essere considerate come quelle di un qualsiasi non addetto ai lavori.

Verrà poi affrontata la discussione dell'impatto che la rivoluzione basata sulla microelettronica avrà su diversi tipi di attività e professioni. Naturalmente non tutte le attività e professioni verranno prese in considerazione, ma è relativamente facile fare delle estrapolazioni a casi analoghi a quelli discussi.

CAPITOLO 1

LE “RADICI” DELLA MICROELETTRONICA

Il problema principale che si incontra quando si ha a che fare con la politica è l’estrema difficoltà di prevedere le molte conseguenze possibili di una certa legislazione.

Nel 1960 il presidente USA John F. Kennedy dichiarò che un americano avrebbe camminato sulla luna entro lo scadere del decennio. E in effetti fu così, ma vi furono altre conseguenze della dichiarazione del presidente Kennedy che non potevano essere previste, ma non di meno ebbero un notevole impatto sulla storia successiva. Si può infatti dire che, senza volerlo, Kennedy mise in moto una rivoluzione industriale.

La corsa spaziale creò artificiosamente centinaia di società tecnologicamente molto avanzate e allo stesso tempo molto instabili. Oltre a mettere sul mercato prodotti meravigliosi, queste compagnie allevarono del personale tecnico, che era avviato a costruire una categoria molto particolare: gli imprenditori “zingari”.

L’imprenditore “zingaro” portava il suo meraviglioso prodotto sul mercato, e così facendo diventava estremamente ricco perché, strano a dirsi, le aziende ormai affermate rappresentavano ormai per lui una concorrenza debole. Gli éxploits dei primi imprenditori sono ormai sotto gli occhi di tutti; le imitazioni abbondano, e come risultato abbiamo una nuova rivoluzione industriale.

Passiamo ad esaminare la situazione considerando tutto il suo evolversi.

La maggior parte degli osservatori è d'accordo nell'asserire che la corsa spaziale degli anni sessanta mise in orbita anche l'industria della microelettronica e dei semiconduttori, proiettandola in un'epoca di rapido sviluppo. Il prodotto di tali industrie manifatturiere consiste di minuscoli pezzi di silicio, più piccoli dell'unghia di un dito di bambino: ciascuno di essi contiene però più logica elettronica di quanta se ne potesse disporre una volta riempiendo una intera stanza. Tuttavia, per il pubblico generico, gli unici vantaggi immediati e tangibili della corsa spaziale restavano i sensazionali spettacoli televisivi con i razzi che lasciavano la rampa e gli uomini che camminavano sul suolo lunare. (A dire il vero, la corsa spaziale ci regalò anche diversi prodotti utili per le necessità quotidiane, come le padelle rivestite di Teflon*, o i contenitori di plastica che si possono mettere in un forno).

Per raggiungere l'obiettivo di portare un uomo sulla luna, il governo degli Stati Uniti fece cadere una pioggia di contratti di ricerca su società tecnologicamente avanzate, commissionando la costruzione di ogni possibile dispositivo. Molte nuove aziende vennero fondate al solo scopo di adempiere ai contratti di ricerca del governo americano, perché in parole povere c'era troppo lavoro da svolgere e vi erano poche società per smaltirlo.

Nel 1978 lo *Standard and Poor's Register* elencò 147 aziende come appartenenti alla categoria denominata "Semiconduttori e dispositivi affini". Nel 1970 solo 85 aziende erano elencate in quella lista. Nel 1960 lo *Standard and Poor's Register* non contemplava neppure quella categoria.

La "American Electronics Association" elencava 728 aziende nella guida dei soci del 1978. 282 di queste società non esistevano nel 1970. E solo 152 società vennero fondate prima del 1960.

---

* Marchio di fabbrica registrato della Teflon-Dupont.

Il governo degli Stati Uniti cercò con ogni mezzo di controllare i profitti che venivano fatti sui contratti.

Vennero emanate norme precise sull'ammontare del denaro disponibile per il margine economico dei manager, i benefici del personale ed i profitti. Tali regole fecero la felicità dei politici, ma come al solito l'abilità umana ebbe il sopravvento e la normativa del governo venne aggirata.

La maggior parte del denaro proveniente dai contratti governativi finì per il pagamento di stipendi (agli scienziati, agli ingegneri e ad altro personale ausiliario). Alle aziende che ricevevano i contratti, vale a dire ai contraenti, venne detto di calcolare i loro profitti come percentuale della somma totale pagata in stipendi. Di conseguenza, aumentando i salari, o aumentando il numero degli impiegati assunti, si aveva anche un incremento dei profitti. Un contratto governativo dava via libera ad un contraente di addebitare il venti per cento degli stipendi pagati per coprire i margini manageriali ed i profitti. Supponiamo che una società contraente, verso la metà degli anni sessanta, avesse alle sue dipendenze due ingegneri giovani, con una spesa complessiva in stipendi di 20.000 $ all'anno. Il contraente poteva allora addebitare 4.000 $ in aggiunta agli stipendi stessi, per coprire le spese di amministrazione ed i profitti, ed il governo poteva facilmente controllare che non venisse superata tale somma. Il governo non era però in grado di controllare altrettanto facilmente la situazione qualora il contraente avesse deciso, ad esempio, che il lavoro a lui assegnato era troppo complicato per poter essere svolto solo da due ingegneri giovani. Supponiamo che il contraente dichiarasse che gli erano necessari cinque ingegneri, due segretarie, tre disegnatori ed un tecnico, con una spesa complessiva in stipendi di 150.000 $ all'anno. A questo punto il contraente poteva addebitare al governo 30.000 $ per coprire i margini ed i profitti, vale a dire molto più di quello che sarebbe venuto a costare il lavoro impiegando solo due ingegneri giovani.

Molti contraenti fecero esattamente quanto sopra de-

scritto, cioé gonfiarono i salari e allungarono la lista degli impiegati. Per il periodo della durata del contratto, la situazione si presentava dunque molto favorevole. Agli impiegati certamente piaceva l'idea di ricevere stipendi alti, e con un personale in soprannumero si creava la possibilità per scienziati ed ingegneri di studiare nuovi argomenti, la qual cosa sarebbe stata impossibile se il personale addetto ai singoli progetti fosse stato scarsamente numeroso e quindi sovraccarico di lavoro.

Questa situazione rosea subiva però una brusca interruzione con l'estinguersi del contratto governativo. Non vi era nulla nel contratto che riguardasse il riciclaggio degli impieghi. Peggio ancora, i contraenti venivano lasciati con un numero eccessivo di impiegati, i quali guadagnavano per giunta troppo. Di conseguenza gli impiegati venivano licenziati il giorno dopo l'estinzione del contratto. Vi furono scienziati ed ingegneri che cambiarono lavoro quattro o cinque volte nei primi dieci anni della loro carriera, saltando da un contratto a quello successivo. Si abituarono presto a ricercare remunerazioni rapide piuttosto che a lavorare per fini di carriera a lungo termine. Invece, un ingegnere chimico che si fosse laureato nello stesso periodo avrebbe potuto trovare impiego in una società petrolifera o chimica, rimanendo al suo primo posto di lavoro per trent'anni e più, fino al pensionamento.

I laureati dell'era spaziale, che saltellavano da un impiego all'altro, rischiavano ovviamente la disoccupazione, ma in complesso furono fortunati. Negli impieghi che trovavano nell'epoca spaziale intravedevano la possibilità di mantenersi costantemente al passo dell'innovazione tecnologica insieme a grossi vantaggi economici.

Si pensi ad un gruppo di ingegneri elettronici seduti attorno al tavolo di un caffé a discutere del computer di controllo del razzo che avevano appena messo a punto. Un ingegnere faceva notare quanto fosse facile modificare il computer in modo da poterlo costruire a basso costo, e da

poterlo utilizzare nell'industria. A questo punto, gli ingegneri di cui sopra avevano due alternative: o sottoporre l'idea alla direzione della compagnia, oppure licenziarsi, fondare una nuova società e mettersi a costruire il computer da soli. Un gruppo di ingegneri chimici che si fosse trovato a discutere di una scoperta analoga (ad esempio di una nuova fibra sintetica), senza dubbio ne avrebbe parlato alla direzione dell'azienda. L'idea di abbandonare un posto sicuro ed i diritti alla pensione maturati per andare a fondare una nuova azienda sarebbe risultata loro del tutto incomprensibile; in aggiunta a ciò, il datore di lavoro li avrebbe sicuramente denunciati per sottrazione di segreti industriali.

Gli ingegneri dell'era spaziale però non vedevano la cosa in questi termini. Probabilmente, nessuno di essi era rimasto nello stesso posto di lavoro per più di due anni, e per quello che risultava loro, avrebbero potuto essere licenziati tutti da un giorno all'altro. Quindi, perché non rischiare? Vi era ben poco da perdere infatti, e molto da guadagnare. Per di più, il loro datore di lavoro aveva probabilmente troppi guai finanziari per essere in grado di portarli in tribunale dietro la denuncia di furto di segreti industriali.

Questo è il modo con cui sono sorte migliaia di nuove aziende tecnologicamente avanzate.

Un numero sorprendente di nuove società ha ottenuto un gran successo, rendendo i fondatori estremamente ricchi, perché il fatto stesso che fossero delle società nuove costituiva già un vantaggio notevole quando si trattava di piazzare prodotti di alta tecnologia sul mercato, e le opportunità abbondavano.

Perché mai le aziende nuove erano avvantaggiate? Le società di recente formazione vanno male quando devono misurarsi con la concorrenza di aziende ormai affermate, che vendono prodotti ben conosciuti in mercati già esistenti. D'altra parte invece, sono le società già affermate che incontrano difficoltà con la nuova concorrenza che si delinea nei mercati dei prodotti ad alta tecnologia, perché solo di ra-

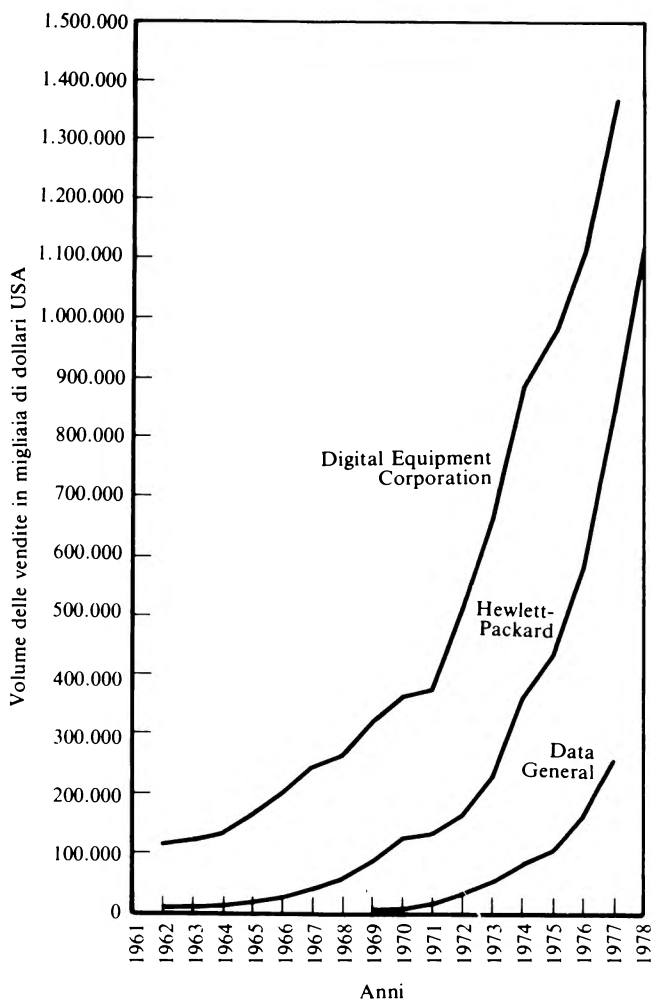
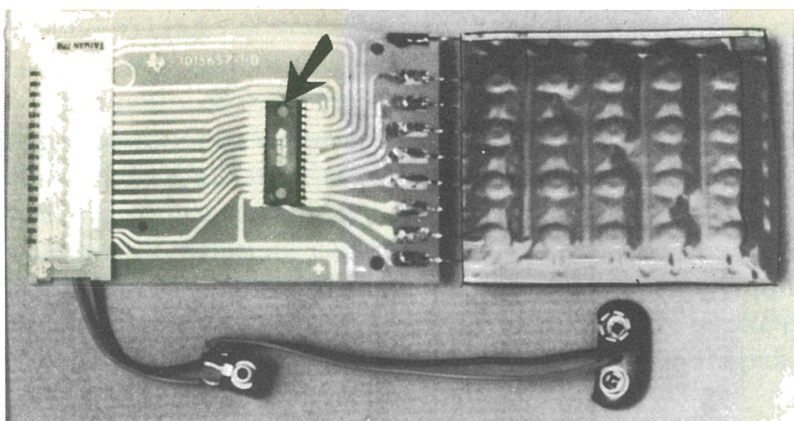
do sono in grado di muoversi con la rapidità necessaria per sfruttare le occasioni favorevoli.

E quanto ad occasioni favorevoli, l'era degli anni sessanta e settanta ha rappresentanto l'equivalente della corsa all'oro della California nel settore dell'elettronica. L'industria elettronica continuava ininterrottamente a produrre occasioni di sviluppo, che emergevano come pepite d'oro trascinate dall'acqua del fiume giù dalle montagne. I primi che si trovavano a passare si impadronivano delle pepite e potevano farlo perché ovviamente prima di loro non era passato nessuno.

E così le nuove società, che furono create in occasione dei contratti governativi, hanno poi dato luogo ad una seconda generazione di nuove aziende, che hanno trasferito le invenzioni e l'esperienza tecnica della corsa spaziale nei mercati commerciali ed industriali.

Queste nuove società della seconda generazione non hanno avuto un impatto molto visibile al grande pubblico; in generale costruivano piccoli computer e della strumentazione elettronica che servì più che altro al mondo degli affari, ma non produssero niente per il grande pubblico.

Consideriamo ad esempio, l'industria dei "minicomputer". A partire dal 1962 un certo numero di imprese incominciò a produrre piccoli computer per uso industriale, chiamati genericamente "minicomputer". Tale nome deriva dalle loro dimensioni relativamente piccole e anche dalle ridotte capacità. I minicomputer dovevano essere introdotti nelle macchine e non erano concepiti come strumenti ausiliari nella elaborazione dei dati. Al giorno d'oggi le tre industrie più importanti nel settore dei minicomputer sono la Digital Equipment Corporation, la Data General ed una divisione della Hewlett-Packard. Le loro vendite hanno subito un aumento traumatico fra il 1962 ed il 1979.

Chi legge avrà probabilmente sentito parlare della Hewlett-Packard: tale società ha infatti una vasta gamma di prodotti. Ma la Digital Equipment e la Data General, sono

Grafici delle vendite per le tre più importanti industrie produttrici di minicomputer, cioè la Hewlett-Packard, la Digital Equipment Corporation e la relativamente nuova arrivata Data General. I dati sono ricavati rispettivamente da: Hewlett-Packard Annual Reports (1962-76), da Data General Annual Reports (1969-1977) e da Digital Equipment Corporation Annual Reports (1962-1978).

Per gentile concessione della Texas Instruments Incorporated

La figura mostra l'interno di un calcolatore da tasca di prezzo non elevato. La freccia indica dove è situato il minuscolo dispositivo microelettrico che svolge tutti i calcoli.

pressoché sconosciute al grande pubblico, nonostante la loro crescita fenomenale. Quali sono le ragioni di questo fatto? La spiegazione è che i computer da esse prodotti hanno rivoluzionato l'automazione industriale, cioè un processo scarsamente visibile al grosso pubblico, mentre invece la IBM stava rivoluzionando l'elaborazione dei dati, e ciò fu invece largamente notato.

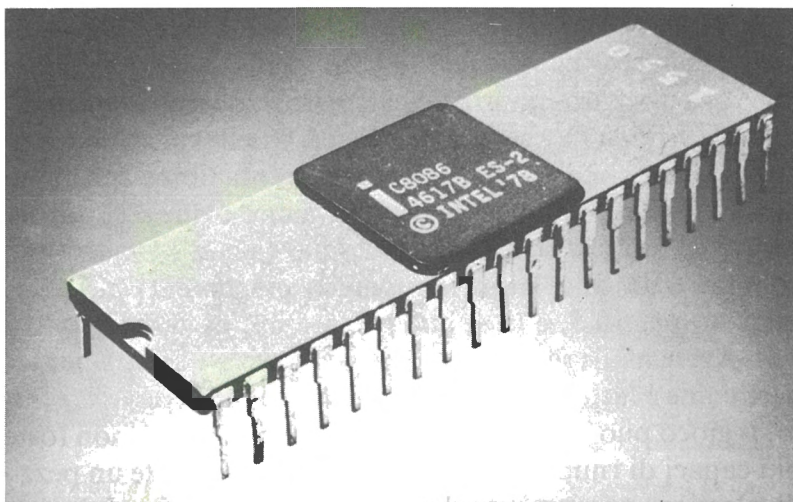
In genere, una persona qualunque ha poca probabilità di essere impressionata dalle profonde conseguenze dei minicomputer nelle industrie di controllo degli strumenti e dei macchinari. Gli sviluppi di questo genere, che ebbero luogo durante gli anni sessanta, ridussero in maniera spettacolare i costi di produzione e cambiarono le graduatorie delle mansioni nell'ambito di molte aziende; tutto quello che il pubblico generico notò furono però i prezzi costanti, oppure il fatto che i prezzi aumentavano più lentamente dell'indice di inflazione. Furono i calcolatori elettronici a portare la microelettronica al pubblico per la prima volta.

In breve tempo chiunque poteva avere il suo calcolatore personale, perdendo così la capacità di fare conti a mente.

Nel 1968 chi scrive lavorava presso la Shell Development Company a Emeryville (California). Ricordo che il mio dipartimento comprò un calcolatore meccanico prodotto dalla Friden Division della Singer. Quella macchina venne a costare circa 1.200 $, pesava quaranta libbre (poco più di diciotto chilogrammi), e ci metteva uno o due secondi per eseguire (rumorosamente) qualunque calcolo. Oggi si può comprare un calcolatore elettronico più potente al supermercato per 10 $, e lo si può infilare in una tasca.

Avete mai aperto uno di quei calcolatori da 10 $ per vedere come è fatto? Se non lo avete ancora fatto, dovreste farlo, il gioco può valere i 10 $ che perdereste in caso non foste più capaci di rimontarlo. All'interno vi trovereste un pezzo di plastica, con un piccolo "insetto" elettronico inserito. Questo pezzo di plastica connette un insieme poco costoso di chiavi e delle piccole lampadine che accendono dei numeri.

L'"insetto" elettronico è un dispositivo microelettronico, cioé un prodotto dell'industria microelettronica e dei semiconduttori. Contiene un piccolo pezzo di silicio, in cui si trova tutta la logica elettronica del calcolatore. Le zampe dell'"insetto" sono le connessioni elettriche. Il pezzo di silicio prende il nome di circuito microelettronico.

I calcolatori elettronici che si possono comprare oggi non sono più prodotti dalla Friden Division della Singer, la quale non è più nel mercato dei calcolatori. Anche la Monroe, la NCR (National Cash Register) e altre compagnie produttrici di calcolatori meccanici sono sparite completamente dal nuovo mercato dei calcolatori elettronici. Oggi un calcolatore qualunque è prodotto dalla Commodore, da Casio, dalla Hewlett-Packard o dalla Texas Instruments, per fare solo alcuni nomi. Naturalmente non tutte le società che hanno incominciato a produrre calcolatori elettronici hanno avuto successo. Come tutte le rivoluzioni che si rispettino, anche la rivoluzione della microelettronica ha mietuto le sue vittime. Per ogni società che ha avuto successo, ve ne sono state almeno dieci altre che ci hanno provato, ma non ce

Per gentile concessione della Intel Corporation

Il microprocessore è disposto in un Dual In-Line Package (DIP). Le "zampe" di questo insetto sono in realtà delle connessioni elettriche, mentre il "corpo" di plastica contiene il circuito microelettronico.

l'hanno fatta. Forse nomi come Bowmar o Litronix o Eldorado sono caduti nel dimenticatoio. Sono solo tre nomi fra i tanti di quelle aziende che non hanno avuto successo nella vendita dei calcolatori.

I calcolatori elettronici sono stati i prodotti del genio di quelle società che hanno saputo riconoscere un bisogno ed hanno trovato la maniera di soddisfarlo. Tali aziende pensarono che la gente avrebbe comprato volentieri dei calcolatori a basso prezzo in gran numero; di conseguenza, stipularono dei contratti con le industrie di semiconduttori per costruire quei circuiti microelettronici che avrebbero reso possibili i calcolatori. Gli scienziati e gli ingegneri che si erano laureati durante la corsa spaziale fondarono molte delle società di semiconduttori che costruirono i primi circuiti microelettronici per calcolatori. Essendo tutti degli opportunisti, decisero rapidamente di costruire da sé stessi i calcolatori per il grande pubblico: dopo tutto, un calcolatore è po-

co più di un pezzo di plastica che circonda un circuito microelettronico. E così ebbe inizio il parapiglia e la competizione selvaggia. Quello che un giorno era il miglior cliente, il giorno successivo poteva rivelarsi come il concorrente più pericoloso. I prezzi caddero a precipizio, finché intervenne la Texas Instruments ad abbassare di forza i prezzi dei calcolatori al livello più basso possibile.

Ma perché limitarsi ai calcolatori elettronici? Dopo essersi solleticati l'appetito, le industrie di semiconduttori si guardarono attorno alla ricerca di nuove occasioni, e si trovarono rapidamente di fronte a quella rappresentata dagli orologi.

L'orologio elettronico fece la sua prima comparsa verso la fine del 1969. La Seiko, una costruttrice giapponese, offrì alcuni orologi elettronici a cristalli di quarzo, in contenitori di oro massiccio, al prezzo di 1.250 $ ciascuno. Questi orologi erano in vendita soltanto in Giappone ed erano chiaramente diretti al mercato di lusso. I produttori di orologi dominarono nei primi tempi il mercato dell'orologio elettronico, mantenendo il prodotto a prezzi molto alti. Nel 1970-71 vi erano tre produttori di orologi elettronici: la Seiko in Giappone, la Hamilton Watch Company negli USA, ed il gruppo di ricerca dei produttori svizzeri, Centre Electrique Horloge S.A. (CEH). In seguito ad un accordo queste tre società nel 1971 ridussero la produzione di orologi elettronici ad una totale di 12.000 pezzi, vendendoli a prezzi compresi fra i 650 $ e i 2.000 $ il pezzo.

I primi orologi elettronici avevano un'apparenza convenzionale: erano infatti dotati di lancette e numeri come i loro predecessori meccanici. Oggi orologi di questo tipo vengono chiamati "analogici". Gli orologi "digitali" invece, mostrano solo dei numeri. Vi sono due modi distinti per ottenere tale effetto: con gli indicatori a cristallo liquido (i cosiddetti LCD, da Liquid Crystal Display) ed i LED (Light Emitting Diodes). Gli LCD impiegano una potenza molto ridotta, di modo che possono essere tenuti accesi indefinita-

mente. Non sono però visibili al buio. I LED al contrario impiegano troppa potenza per essere tenuti accesi continuamente, così che bisogna premere un pulsante per leggere l'ora quando si ha bisogno di guardare l'orologio; in compenso i LED sono visibili al buio.

Sia la Seiko che la Hamilton e la CEH si basavano sull'industria manufatturiera dei semiconduttori statunitense per l'elettronica e gli indicatori. L'elettronica venne fornita in un primo tempo dalla Texas Instruments, dalla Intersil, dalla RCA e dalla Motorola; molti altri si unirono al gruppo in seguito. I primi indicatori vennero dalla Hewlett-Packard, dalla Electro/Data, dalla Texas Instruments, dalla RCA, alle quali si aggiunse in breve un'orda di altre società.

È difficile mettere assieme in un resoconto tutto quanto è avvenuto nell'affare degli orologi elettronici a partire dal 1972. Il risultato fu chiaramente che i produttori di orologi, i quali speravano di controllare questo mercato, fallirono completamente nel loro intento.

La maggior parte di un orologio elettronico - le sue parti funzionanti ed i suoi indicatori provenivano dall'industria di semiconduttori, i cui dirigenti non ragionavano in termini di piccoli quantitativi a prezzi alti: capivano solo gli alti quantitativi e i prezzi bassi. Alcuni portavoce dell'industria sostengono che nel 1972-73 i produttori di semiconduttori cercarono di convincere i produttori di orologi ad entrare nel mercato degli orologi elettronici puntando ai grandi quantitativi e ai prezzi bassi. Al rifiuto dei produttori di orologi, i costruttori di semiconduttori decidero allora di farsi avanti da soli. Altri sostengono invece che i produttori di semiconduttori non posero ai produttori di orologi alcuna alternativa. Ma in una specie di replica della storia dei calcolatori elettronici, i produttori di semiconduttori decisero, con una fretta dannosa, che l'industria degli orologi era nelle loro mani. Fra i primi produttori di semiconduttori che misero sul mercato i loro orologi vi furono la Microma, la Litronix, la Fairchild e la National Semiconductor, ma i loro prodotti

erano per lo più scadenti, con interruttori appiccicosi, e con cinturini e casse mal progettate. Riuscirono peraltro a sopravvivere per qualche tempo grazie ai bassi prezzi praticati. La Texas Instruments fu tra le ultime società ad entrare sul campo, in quanto le fu necessario qualche tempo per progettare un buon orologio. Aveva i più bassi prezzi di produzione di qualunque altra industria di semiconduttori, di conseguenza oggi domina il mercato degli orologi a basso prezzo.

La Hewlett-Packard fu una delle ultime ad entrare nel mercato degli orologi elettronici, ma i suoi prodotti sono caratterizzati, nella tradizione propria della Hewlett-Packard di alta qualità e notevole prezzo. La Texas Instruments sopravvisse nel settore dell'orologio elettronico coltivandosi la fascia di mercato caratterizzata dai prezzi bassi. Le sue brutali riduzioni di prezzi sono state definite da Richard Stadin, marketing manager nel settore degli orologi che lavora per conto della National Semiconductor, come "la più dispendiosa campagna pubblicitaria che si sia mai vista"*.
La National Semiconductor uscì dal mercato degli orologi poco dopo e la stessa cosa fecero la Litronix e la Microma. La Fairchild perse più di venti milioni di dollari negli orologi elettronici prima di chiudere la partita nel gennaio 1979.

A rimanere nel mercato degli orologi elettronici oggi sono Texas Instruments, Hewlett-Packard e Casio, le quali sono anzitutto società dell'industria elettronica, in più vi sono Timex, Seiko e Bulova, insieme a numerose altre piccole aziende, le quali sono originariamente produttrici di orologi. I produttori di orologi sono, dopo tutto, anche i migliori venditori degli stessi, mentre l'industria dei semiconduttori ha qualcosa di meglio da fare.

Ma quale sarà il futuro dell'orologio elettronico? Secondo una stima della Fairchild nel 1978 più del trenta per

---

* Si veda l'articolo "$ 19.95 Watch Coming from T.I." (Orologi da 19.95 dollari dalla T.I.) in Electronics, 22 Gennaio 1976.

cento di tutti gli orologi venduti erano elettronici digitali, con un dieci-venti percento in più di elettronici a quarzo. Molti portavoce dell'industria ritengono che, entro i prossimi dieci anni, più dell'ottanta per cento degli orologi venduti saranno elettronici.

Come mai gli orologi e i calcolatori elettronici sono apparsi così improvvisamente ed hanno provocato un tale pandemonio nelle loro rispettive industrie? Perché hanno provocato una rivoluzione e non piuttosto una semplice evoluzione del prodotto?

La risposta a tale domanda è senza dubbio sorprendente: le direzioni delle maggiori società non sono state in grado di comprendere i loro prodotti. O meglio, conoscono la base dei loro clienti e sanno come vendere; conoscono bene i processi di produzione e sanno organizzare efficientemente le linee di produzione.

Guardiamo ad esempio ancora ai calcolatori elettronici. Un ingegnere qualunque sarebbe stato in grado di costruirsi da solo un calcolatore elettronico all'inizio degli anni cinquanta, vent'anni prima che i calcolatori elettronici eliminassero l'industria dei calcolatori meccanici. Centinaia di intraprendenti ingegneri probabilmente costruirono veramente in quei tempi andati dei calcolatori elettronici, per pura passione. Quello che potevano costruire era però troppo ingombrante per essere adibito ad usi pratici, troppo costoso da mettere sul mercato e troppo poco affidabile per poterlo usare tranquillamente. Tuttavia, con il progredire dell'elettronica, venne il giorno, all'inizio degli anni sessanta, in cui si poterono effettivamente costruire dei calcolatori elettronici vendibili, anche se non a basso prezzo, e usabili, anche se non completamente affidabili. Wang Laboratories fu la prima società a produrre calcolatori di quel tipo: la sua LOCI (Logarithmic Computing Instrument) venne introdotta nel gennaio del 1965. La Serie 300, che seguì nell'ottobre dello stesso anno, aveva prezzi compresi fra i 2.000 $ ed i 5.000 $. Wang Laboratories vendeva i calcolatori alle

grosse società, che li acquistavano per i loro ingegneri. Wang Laboratories si trovava in concorrenza con i produttori di calcolatori meccanici come Friden e Smith-Corona Marchant (SMC), i cui venditori si intendevano di congegni meccanici e di motori elettrici.

Non capivano invece nulla di elettronica e non erano pertanto in grado di entrare nel mercato dei calcolatori elettronici più di quanto fossero in grado di entrare in quello dell'automobile.

A quei tempi la Wang Laboratories era una società nuova di zecca, che stava facendo il suo apprendistato. Non intralciati dalle abitudini di una pratica precedente, impararono rapidamente a vendere agli ingegneri dei calcolatori elettronici di prezzo compreso fra 1.000 $ e 10.000 $.

Ma ad un certo punto Wang Laboratories si sclerotizzò a sua volta. In breve tempo il suo calcolatore da 1.000 $ poteva essere costruito con 100 $. Il calcolatore da 100 $ poteva però essere venduto ad una clientela molto più vasta del mercato limitato di ingegneri a cui si rivolgeva unicamente Wang Laboratories. Questa società non imparò mai a vendere calcolatori a basso prezzo ad un mercato di massa; seppe solo vendere attrezzatura elettronica di prezzo compreso fra 1.000 $ e 10.000 $, e sempre in preferenza ad ingegneri. La Hewlett-Packard si impossessò del mercato dei calcolatori da 100 $. Oggi la Wang Laboratories è estromessa dal mercato dei calcolatori. Vende computer ed attrezzature per l'elaborazione dei dati nella fascia di prezzi che le è tradizionale, e si sta peraltro sviluppando con un ritmo fenomenale.

La Wang Laboratories ebbe molto successo perché seppe identificare una clientela di base ed imparò a vendere. Non tutti ebbero altrettanto successo. Molte aziende costruirono prodotti vendibili, ma non impararono mai a venderli, o non seppero mai a chi venderli. Ciò si verificò in particolare nell'industria degli orologi. Come abbiamo detto prima, Litronix, Microma, e Fairchild furono fra i primi produttori di orologi digitali, e furono anche i tre che conob-

bero il minor successo. Non ebbero successo perché pur sapendo costruire orologi digitali, non impararono mai a venderli.

Fairchild e Litronix si rivelarono particolarmente inette sotto questo profilo, mostrando una singolare lentezza di apprendimento.

Gli orologi ed i calcolatori hanno una cosa in comune: rappresentano dei prodotti che hanno una storia alle loro spalle. I video giochi introdussero una svolta interamente nuova: si trattava infatti di un prodotto che non aveva una storia precedente. Il primo video gioco fu "Odyssey", inventato dai Sanders Associates di Nashua, New Hampshire. Magnavox, ben nota casa produttrice di apparecchi televisivi, ottenne i diritti esclusivi di questo gioco. Incominciò a metterlo sul mercato nel gennaio 1972, con una mancanza di vigore che sconcertò tutti: quasi nessuno si ricorda di Odyssey, e praticamente nessuno si è accorto che Magnavox è entrata nel mercato dei video giochi, e tantomeno che ne è stata uno dei pionieri.

Nolan Bushnell e la sua società, la Atari, trasformarono i video giochi in un prodotto di consumo. Bushnell si laureò presso l'Università dello Utah nel 1968 ottenendo un B.S. in ingegneria elettronica. Passò alcuni anni con Ampex Corporation prima di progettare il "video pong" e di fondare la Atari Corporation. La storia di Nolan Bushnell, dell'Atari, del video pong, e di tutto il successivo emergere dei giochi basati sulla microelettronica rappresenta, come in un microcosmo, tutto intero il processo rivoluzionario che si sta verificando. Uno potrebbe pensare che società come Parker Brothers, Mattel o Brunswick Corporation, tutte ben affermate nel settore dei giochi, si sarebbero date da fare per diffondere i giochi elettronici. Invece, l'industria dei giochi elettronici prese l'avvio decisivo con il video pong, inventato da un ingegnere che non aveva le disponibilità finanziarie e neppure le capacità manageriali necessarie a tale compito.

Ci si sarebbe potuti aspettare che i giochi elettronici, una volta inventati, sarebbero passati sotto il controllo di una società già affermata nel settore dei giochi. Bushnell invece preferì lanciarsi in una impresa da solo con i propri mezzi.

Ci si sarebbe potuti aspettare che una piccola nuova azienda, che tentava di vendere una oscura invenzione, non ce l'avrebbe fatta contro la concorrenza delle società già affermate, e tutt'al più si sarebbe scavata una nicchia di clientela specializzata, vendendo un prodotto che pochi desideravano solo ed unicamente a quei pochi che lo desideravano. Invece Bushnell e la Atari diedero origine ad una industria interamente nuova. Nel 1976 Nolan Bushnell vendette le Atari alla Warner Communications, e Bushnell stesso, poco più che trentenne, divenne multi-miliardario.

La storia del video pong, di Nolan Bushnell e della Atari non è per nulla insolita: rappresenta la regola più che non l'eccezione nell'industria microelettronica.

La corsa spaziale creò infatti un'atmosfera di opportunismo, una generazione di avventurieri, con ampie possibilità di successo. L'incapacità delle società affermate di adattarsi alle mutate condizioni ambientali ne ridusse la capacità di competizione sui nuovi mercati. Le società affermate invece comprarono i concorrenti che erano diventati troppo preoccupanti. È questa è la maniera in cui si arricchirono gli imprenditori che fondarono le nuove società.

In virtù di combinazioni del genere, si verificarono moltissime storie di successi, ciascuna delle quali meriterebbe un libro.

Di molto maggiore interesse sono invece le future conseguenze delle variazioni ambientali che si sono in tal modo verificate. Se qualcosa è possibile e molte persone ci provano a farlo, è logico che alla fine uno ci riesca. E che molte persone ci provino. Nolan Bushnell fece la sua fortuna con Atari in cinque anni; la stessa cosa fecero centinaia di altri.

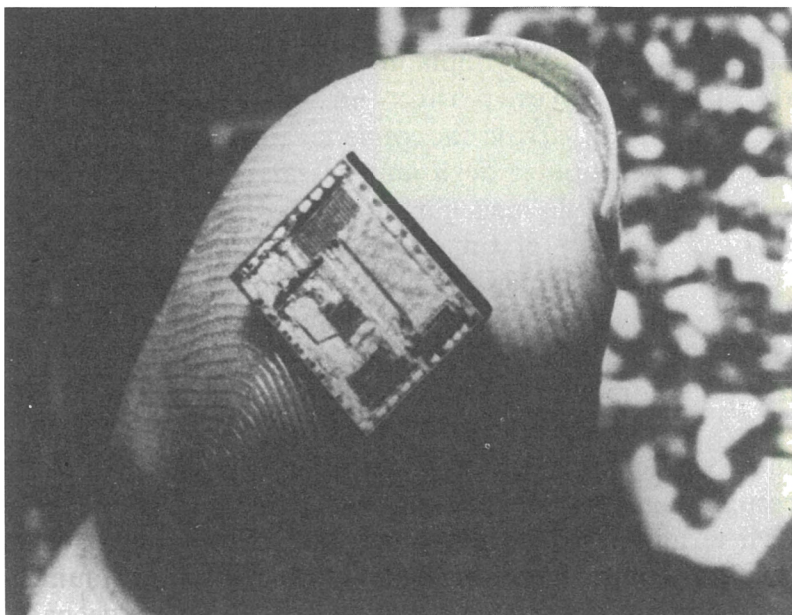
Vi furono naturalmente molti che fallirono, ma l'indice di successo si mantenne sempre abbastanza alto da spingere ognuno a tentare. Questa è la ragione per cui la nuova rivoluzione industriale incombe su di noi, ed è al di là di ogni controllo. Abbiamo dato via libera ad una moltitudine di imprenditori che "ci provano", e qualunque cosa possa accadere nell'elettronica si può essere certi che accadrà, purché abbia la minima possibilità di riuscita.

I calcolatori, gli orologi, i video giochi forniscono ciascuno una prova diversa dalle risorse dell'industria microelettronica e dei semiconduttori. I calcolatori stanno a dimostrare la capacità dell'industria di costruire circuiti su richiesta. Gli orologi stanno a dimostrare l'abilità dell'industria nell'individuare le occasioni favorevoli per la tecnologia microelettronica.

I video giochi dimostrano invece la capacità di creare nuove occasioni mediante la creazione di prodotti non esistenti in precedenza.

Queste tre capacità dell'industria dei semiconduttori e della microelettronica si sono combinate nella generazione dei "microprocessori". Un microprocessore rappresenta l'"unità di elaborazione centrale" o il "cervello" di un computer, e viene prodotto come un singolo dispositivo microelettronico, che può venire a costare meno di dieci dollari, e tuttavia è equivalente ai computer che costavano mezzo milione di dollari venti anni fa.

Oggi un microprocessore può stare benissimi su un polpastrello. Cinque anni fa questo circuito avrebbe avuto le dimensioni di una valigia, e dieci anni fa, di uno scrittoio. La macchina grossa come una valigia costava approssimativamente 3.000 $, mentre il predecessore formato scrittoio costava forse 150.000 $.

I microprocessori, più di qualunque altra invenzione della microelettronica, sono responsabili della rivoluzione industriale generata dalla microelettronica. I circuiti di un calcolatore, un orologio, un video gioco hanno ciascuno del-

Per gentile concessione della Intel Corporation

Un "chip" di un microprocessore può stare sul polpastrello di un dito pur contenendo una enorme quantità di logica elettronica quanta una volta riempiva una intera stanza.

le finalità precise: che sono rispettivamente quelle di costituire un calcolatore, fare andare un orologio, o giocare una partita. Un microprocessore invece è un circuito elettronico di impiego generale, che può quindi essere usato nei calcolatori, negli orologi, nei video giochi ed in una infinita varietà di altri prodotti, esattamente come un computer può essere programmato per eseguire una infinita varietà di compiti.

Siccome il microprocessore è alla base della rivoluzione microelettronica, ne descriveremo le origini.

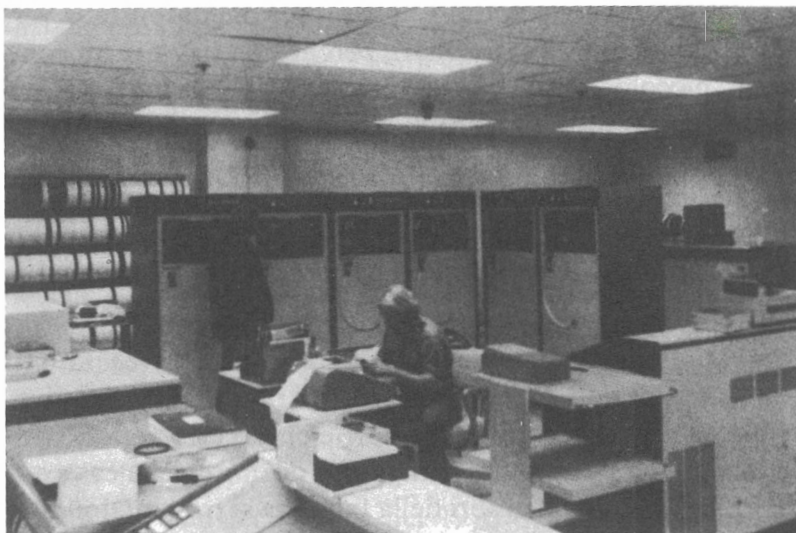
Un tempo vi erano i computer e vi erano anche i terminali. I computer erano grossi e costavano molto: un computer tipico della IBM della fine degli anni sessanta poteva riempire una piccola stanza ed affittarlo poteva costare 20.000 $ al mese o anche più. Quella cifra rappresentava però solo l'inizio delle spese per il proprietario del computer.

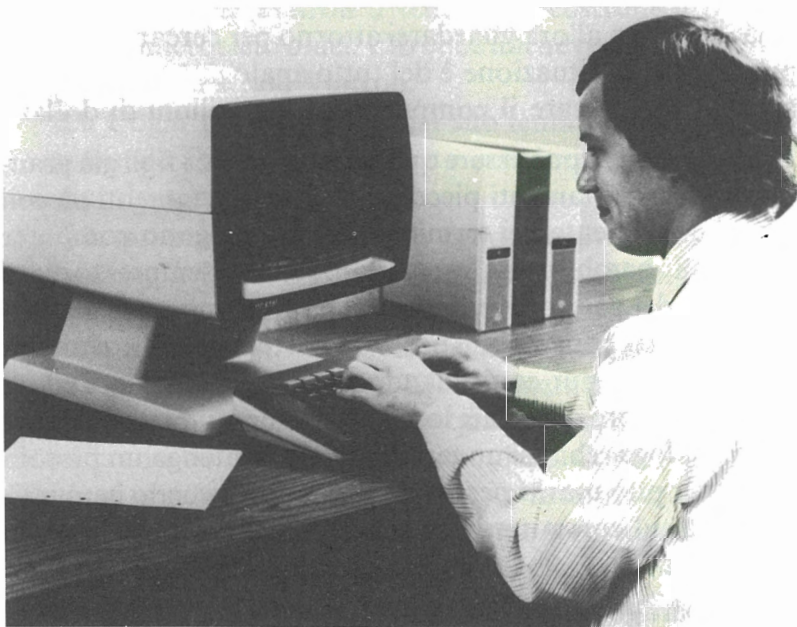
Era necessario infatti mettere il computer in una stanza dotata di un particolare impianto di condizionamento dell'aria; tale stanza doveva poi avere un pavimento sovraelevato, per lasciar posto ai cavi che connettevano le diverse parti del sistema. Il computer degli anni sessanta era l'equivalente grosso modo della macchina a vapore dell'industria ferroviaria. Era grosso e la manutenzione era costosa.

La sua economicità era data solo dalle centinaia di passeggeri, ovvero di utenti del computer. In una vettura ferroviaria ciascun passeggero occupa un posto a sedere. Gli utenti dei computer hanno a disposizione invece i terminali.

A qualunque cosa possa assomigliare un terminale, il suo scopo è quello di permettere all'utente l'accesso ad un computer grosso e di notevole costo. Un cavo può connettere il terminale ad un computer che si trova nella stanza accanto, oppure il terminale può essere messo in comunicazione con un computer che si trova dall'altra parte del paese mediante delle linee telefoniche.

Guardando ad un computer, che si trova quasi come in trono nella sua stanza-cattedrale, si potrebbe pensare che possa servire per risolvere equazioni incredibilmente complesse, o per eseguire in maniera misteriosa calcoli difficili. Niente di tutto ciò. La maggioranza dei computer sono impiegati per la maggior parte del tempo per eseguire dei compiti che non richiederebbero sforzi mentali ad un bambino. Il computer però è veloce. Ci mette infatti un millesimo di secondo per eseguire un compito che un essere umano impiegherebbe ore intere a svolgere.

I proprietari di computer, come qualunque altra persona, tendono a migliorare la loro situazione. Dopo aver comprato un computer da un milione di dollari, un utente incomincia presto a guardarsi attorno addocchiando la versione da due milioni di dollari perché il loro computer ormai è sovraccarico di lavoro. A molti venne in mente che se un computer da un milione di dollari viene impiegato per la maggior parte del tempo per eseguire dei compiti banali,

Per gentile concessione della Università della California Davis

Una tipica stanza per computer.

Per gentile concessione della Hewlett-Packard

Al lavoro al terminale di un computer.

forse si stava sprecando denaro. Invece di comprare la versione da due milioni di dollari, perché non mettere un computer piccolo, semplice e di basso costo direttamente nel terminale? Il terminale in tal caso non serve più semplicemente a connettere il computer all'utente; esegue in più alcune semplici operazioni. In tal modo il computer da un milione di dollari non si trova più sovraccarico di lavoro e si evita l'acquisto della versione da due milioni di dollari!

Un termine di paragone per un grosso computer centrale ed i suoi molti terminali è dato da una famiglia vecchio stile con troppi figli. La casa dei genitori rappresenta l'equivalente del grosso computer centrale. Per un certo periodo tutta la famiglia può vivere, mangiare e dormire nella casa originaria. Quando i membri della famiglia si trovano lontano da casa, possono usare un telefono per comunicare, ma la casa provvede a tutti i bisogni. Con la nascita di altri figli, i genitori possono trovare che la casa è diventata troppo piccola. Possono allora guardarsi attorno per cercare una casa più grande; la situazione è del tutto analoga a chi si guarda attorno per cercare il computer da due milioni di dollari.

Una alternativa può essere quella di trasferire i figli già grandicelli in appartamenti piccoli. Questi appartamenti piccoli sono l'equivalente dei terminali che contengono computer piccoli. I bambini già cresciuti possono sempre tornare alla casa dei genitori per la lavanderia, per portarvi o prendervi oggetti personali, e possono partecipare alle riunioni della famiglia, pur continuando a dormire, mangiare ed intrattenere i loro amici nei loro appartamenti. In maniera del tutto analoga, chi usi un terminale che contenga un piccolo computer può usarlo per lavori di routine facendo però affidamento sul computer grosso per risolvere le questioni più importanti.

Il paragone che abbiamo fatto ha più significato di quanto possa apparire immediatamente. Il figlio già cresciuto che si trova nell'appartameno piccolo non dipende neces-

sariamente dalla casa della famiglia; questo esempio di dipendenza è infatti un po' artificioso.

La stessa logica vale di frequente a proposito dei computer e dei loro terminali, fatto questo che è sfuggito alla maggior parte dei professionisti di computer, ma di ciò parleremo specificatamente nel capitolo secondo.

Verso la fine degli anni sessanta, tre società, la Viatron, la Cogar e la Datapoint cercarono di sfruttare l'idea dei terminali di computer contenenti a loro volta computer piccoli. Le fortune di quelle società esemplificano in maniera egregia i rischi ed i benefici di chiunque voglia partecipare attivamente alla rivoluzione industriale della microelettronica.

La Viatron fece epoca nel 1970 quando spese trenta milioni di dollari in un anno, ricavando un reddito di appena tre milioni di dollari. Quello spettacolare éxploit alla rovescia spinse la Viatron a tentare di costruire i propri dispositivi microelettronici. Ciò ebbe anche come risultato il fallimento della stessa Viatron.

La Cogar ebbe successo nel suo tentativo di costruire un terminale abbastanza modesto contenente i circuiti del suo piccolo computer.

Ma proprio quando il suo prodotto aveva iniziato a funzionare, la Cogar si trovava troppo vicina al fallimento e dovette essere acquistata. La società acquirente era la Singer Business Systems, una divisione della ben nota ditta produttrice di macchine per cucire. Sfortunatamente i computer della Singer erano scadenti tanto quanto le sue macchine da cucire erano buone. Con l'acquisto della Cogar, la Singer aggiunse un altro articolo scadente in fatto di computer a quelli che già produceva. In breve tempo le fortune finanziarie della Singer precipitarono al punto che la società decise di licenziare il suo presidente e prese atto di essere più esperta in fatto di macchine per cucire che di computer. Così la Singer vendette le sue proprietà in materia di computer. E a

chi? Nessuna società americana si sarebbe fatta avanti, ben sapendo come stavano le cose. Nel 1976, la International Computers, Ltd. (ICL), una compagnia britannica, venne coinvolta a rilevare gli affari della Singer in materia di computer. Il prezzo complessivo dell'acquisto delle azioni della Singer Business Machines, acquistate dalla ICL venne accordato sulla base di una formula, stabilita in base a opportuni controlli. Un pagamento anticipato di 2.0 milioni di dollari USA venne fatto già nell'aprile del 1976. Un ulteriore versamento di 0.8 milioni è stato fatto nel novembre del 1976. Il resto dell'acquisto venne completato in tre rate successive nell'ottobre degli anni 1978, 1979 e 1980. Una fine penosa per una impresa così imponente.

La Datapoint è stata più in gamba della Cogar e della Viatron. Voleva un intero computer su un singolo circuito microelettronico, e fece un contratto con la Texas Instruments e con la Intel, due società già largamente affermate nella tecnologia microelettronica, per costruire il circuito microelettronico. La Texas Instruments non ce la fece mai; la Intel, sì. Il prodotto della Intel, pur essendo in grado di compiere tutte quelle operazioni che erano richieste dalla Datapoint, ci metteva più tempo di quanto la stessa Datapoint fosse disposta a concedere. Di conseguenza la Datapoint abbandonò l'idea di un computer su di un singolo circuito e produsse il terminale che voleva (chiamato Datapoint 2000) usando dell'elettronica allora convenzionale.

La Intel venne allora lasciata con un computer lento su un singolo circuito microelettonico, il cui progetto era stato pagato, ma ormai non aveva più un cliente. La Intel guardò bene il suo prodotto e si domandò se non valeva la pena cercare di venderlo direttamente. Cosa che poi fece. Tutti i dispositivi elettronici vengono indicati con dei numeri, non dei nomi. Intel diede al suo prodotto il numero "8008"; lo reclamizzò e si mise a vedere che cosa sarebbe successo. E successero molte cose. Gli acquirenti accorsero in frotta e l'era dei microprocessori era arrivata.

Lo “8008” è l’antenato degli odierni microprocessori. La Intel vendette il suo primo 8008 nel 1973. È difficile fare delle stime corrette sulle vendite dei microprocessori, ma un esperto può valutare che a partire dal 1973 la Intel abbia venduto più di tre milioni di esemplari del suo 8008 e che stia tuttora continuando a venderne.

CAPITOLO 2

LE FORTUNE DELLA GUERRA

Un terminale che contenga un piccolo computer, prende il nome di terminale intelligente. I professionisti dei computer amano creare un gergo tutto loro mediante un abuso pittoresco di parole già in uso. I teminali "intelligenti" non sono in realtà intelligenti: intelligenza significa infatti capacità di percepire e di comprendere. I computer non hanno né l'una né l'altra. Ciò nonostante l'aggettivo intelligente viene fatto precedere al nome di un qualunque prodotto che contenga un microprocessore.

I professionisti dei computer sono spesso vittime delle proprie concezioni malformate. Dopo aver posto un piccolo computer all'interno di un terminale, essi hanno denominto il tutto terminale intelligente allo scopo di distinguere il grosso computer centrale, cui è connesso il terminale, dal piccolo computer che si trova all'interno del terminale. Da ciò consegue che il computer centrale grosso è un vero computer, mentre il piccolo computer dentro il terminale è solo una "intelligenza locale". Ma che succederebbe se il computer piccolo che si trova nel terminale fosse altrettanto potente e fosse capace di compiere le stesse operazioni del computer centrale grosso, per quanto grande possa essere la differenza fra le loro dimensioni? Nessuno si pose mai questo problema, perché nessuno mai credette che si potesse verificare una situazione del genere. Invece è proprio quanto sta succedendo, e l'origine di intere nuove industrie è proprio connessa a questo fatto. Tali industrie sono vagamente note

come industrie dei microcomputer o dei computer personali (personal computer).

Il sorgere delle nuove industrie della microelettronica e dei computer personali fu l'evento più indicativo del fatto che una nuova rivoluzione stava per avvenire. Possiamo ora ricavare molti insegnamenti per il futuro, considerando il modo con cui queste industrie sono sorte. Le industrie dei microcomputer e dei computer personali sorsero praticamente dal nulla, con prodotti che nessuno pensava che potessero esistere e tantomeno essere venduti. Il loro stesso nome è fuorviante. La denominazione di computer personali evoca infatti l'immagine di dilettanti che si costruiscono a casa i loro computer per pura passione.

Persone del genere senza dubbio esistono, e di fatto l'industria di cui stiamo parlando è sorta per venire incontro alle loro esigenze; al giorno d'oggi però le società che hanno iniziato col costruire computer per dilettanti, costruiscono in genere piccoli sistemi di computer per la clientela del mondo degli affari, svolgendo un lavoro che le grosse aziende affermate avrebbero potuto compiere qualora fossero state capaci di anticipare i tempi.

L'industria dei microcomputer e dei computer personali ebbe origine nel 1974, quando una società chiamata Micro Instrumentation and Telemetry Systems (MITS), con sede ad Albuquerque, Nuovo Messico, progettò e vendette delle scatole di montaggio di computer, che gli hobbisti dovevano poi montare. A quell'epoca, la MITS produceva calcolatori elettronici e strumenti scientifici; la sua situazione finanziaria stava deteriorandosi al punto da essere vicina al fallimento. E Roberts, uno dei due direttori della MITS, aveva sognato a lungo di costruire computer nella forma di scatole di montaggio. Era convinto che, praticando dei prezzi sufficientemente bassi, tale prodotto avrebbe potuto essere venduto in un mercato abbastanza vasto. Di fronte alla prospettiva del fallimento, insieme al suo socio Eddie Curry, decise di tentare coi kit.

Nella seconda metà del 1974, progettarono un computer kit attorno al "8008A", un microprocessore appena introdotto dalla Intel. Lo 8080A rappresentava una versione migliorata dell'8008. Il banchiere di Roberts e Curry richiese alla MITS un piano finanziario per questo nuovo fantasioso affare. Così elaborarono un piano che prevedeva la vendita di 800 kit durante il 1975.

La MITS spedì la sua prima scatola di montaggio a Les Solomon del giornale *Popular Electronics*, e Les lo riprodusse sulla copertina del numero di gennaio del 1975. I risultati furono sorprendenti. Piovvero gli ordini, la maggior parte muniti di assegni con l'ammontare del prezzo della scatola di montaggio. In un venerdì pomeriggio, poco dopo che *Popular Electronics* ebbe raggiunto i suoi lettori, la MITS ricevette ben 400 ordinazioni, cioè metà di quello che aveva pianificato di vendere in un anno. Eddie Curry ritiene che la MITS abbia spedito circa duemila scatole di montaggio nel 1975, praticamente tutto ciò che era stata capace di produrre. Nel maggio del 1977, due anni e tre mesi dopo la spedizione del primo kit, la MITS fu acquistata dalla Pertec per l'equivalente di circa sei milioni di dollari in prodotti della Pertec.

La Pertec è una grossa società che produce una vasta gamma di prodotti per computer. Nel 1978 l'introito lordo della Pertec ammontò a 131.802.000 $. E la Pertec era stata fondata da poco, nel 1967, da Stu Mabon, allora un ventinovenne immigrato dall'Inghilterra, ingegnere senza precedente esperienza di affari.

Il secondo maggior produttore di computer personali fu una società nota come IMS Associates, e la sua storia è altrettanto straordinaria di quella della MITS. La IMS Associates stava pianificando di sviluppare un sistema di computer per businness per conto della casa automobilistica General Motors.

La IMS Associates decise che la scatola di montaggio della IMST avrebbe funzionato meravigliosamente come il computer all'interno del sistema. La IMS Associates e la

MITS non raggiunsero però un accordo sui prezzi ed i tempi di consegna, per cui la IMS Associates decise di costruire il suo microcomputer, modellandolo da vicino sulla scatola di montaggio della MITS.

Bruce Venatta, Joe Killian e Bill Mallard, i tre direttori della IMS Associates, decisero che ci poteva essere un mercato anche per il loro kit di microcomputer. Misero allora alcune inserzioni sulla rivista *Popular Electronics.* Esattamente come Roberts e Curry furono travolti dalle risposte. Nel dicembre del 1975 la IMS Associates spedì 35 kit. Nel gennaio del 1976 ne spedì 400. E da allora in poi il numero dei kit spediti era limitato soltanto dalla capacità di produrli. Negli ultimi tempi, la IMS Associetes assunse il nome più accattivante di IMSAI, con cui sono noti i suoi prodotti oggi.

Sfortunatamente, a causa di una inefficiente conduzione manageriale, la IMSAI dichiarò bancarotta nel marzo del 1979. Avrebbe dovuto essere l'industria principale nel settore dei microcomputer.

L'aspetto più interessante della storia della IMSAI è che la IMSAI fu uno dei primi clienti della MITS, eppure la IMSAI si occupava soltanto di applicazioni alla elaborazione dati per business.

Quasi fin dall'inizio, la più consistente base clientelare per le scatole di montaggio non furono gli hobbisti, ma i professionisti del mondo degli affari. Di fatto, per la metà del 1977 i kit erano tutt'altro che spariti, ed i produttori di microcomputer stavano vendendo sistemi di computer che erano più piccoli e meno cari, ma per il resto identici, ai prodotti venduti dalle società produttrici di computer già affermate.

Il lato sfortunato della storia della MITS e della IMSAI fu che queste due società di solito richiedevano ai loro clienti di pagare in contanti ed in anticipo alla spedizione dell'ordine. Questa spiacevole pratica era peraltro una necessità, ed entrò nelle abitudini dell'industria poiché le banche non sono attrezzate ad affrontare le rivoluzioni. Tuttora le banche vanno piano a fornire fondi alla nuova schiera di produttori

di microcomputer. In mancanza di finanziamenti adeguati, la moltitudine di società che seguirono le orme della MITS e della IMSAI reclamizzava prodotti inesistenti e richiedeva pagamento immediato in contanti insieme alla spedizione dell'ordine. Poi queste società spendevano il contante anticipato per costruire il prodotto. Questa poco limpida tecnica di finanziamento viene chiamata eufemisticamente "finanziamento anticipato". Spesso venne messa in atto con buone intenzioni, ma anche con intenti discutibili.

È notevole però che migliaia di persone fossero pronte a spedire centinaia o anche migliaia di dollari per prodotti che non avevano mai visto. Costoro non erano però avidi speculatori. Erano soltanto degli esseri umani per altri aspetti intelligenti in preda ad un travolgente desiderio di comprare un computer purché il prezzo sulla targhetta fosse abbastanza basso.

Questa base clientelare era così ampia, ed il suo appetito così insaziabile, che nel corso di quattro anni quasi duecento società sorsero per venire incontro alle sue esigenze. Fra queste vi era la Data Sync, la quale riempì intere pagine di riviste con le sue inserzioni riguardanti prodotti non esistenti per i quali i clienti dovevano pagare anticipatamente.

David Winthrop, il colpevole della Data Sync, scappò con un sacco di soldi, ma venne acciuffato e messo in galera. Evase agli inizi del 1979 e ripeté con successo lo stesso schema, chiamando questa volta la sua società World Power Systems. I clienti sembrano avere una gran voglia di prodotti ed una scarsissima memoria.

Siccome le industrie dei microcomputer e dei computer personali sono così recenti e disorganizzate, non esistono stime attendibili del loro livello di affari. Sulla base dei miei contatti, comunque, ho potuto fare una stima delle vendite nel passato proiettandola verso il futuro. Per quanto la mia valutazione possa sembrare abbondante, vale tuttavia la pena di notare che la Radio Shack ha venduto sistemi di microcomputer per l'ammontare di cento milioni di dollari nei pri-

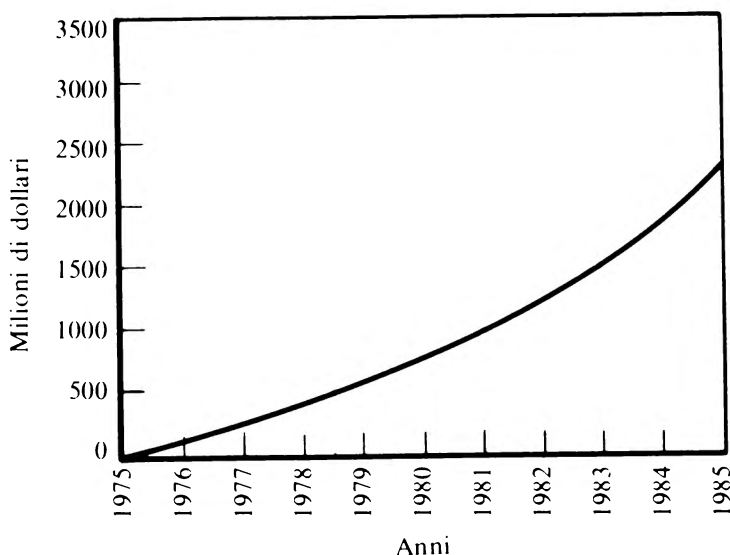



Grafico delle stime personali dell'autore sulle vendite delle industrie del minicomputer e dei calcolatori personali relative al passato ed al futuro.

mi diciotto mesi in cui il suo prodotto (noto come TRS-80) divenne disponibile; e che la Commodore ebbe forse un volume di affari della metà di quella cifra più o meno nello stesso periodo di tempo vendendo il sistema di microcomputer PET.

È qualcuno in grado di spiegare come mai le società affermate nel settore dei computer (e ve ne erano più di una trentina nel 1974) si siano lasciate scappare un mercato così vasto? Come mai questa intera industria venne abbandonata nelle mani di avventurieri, dilettanti e nuovi arrivati? La risposta è che questo nuovo mercato era troppo bizzarro perché si potessero fare delle previsioni basate sui criteri collaudati. E nei prossimi trent'anni, assisteremo ancora ripetutamente a vicende del genere.

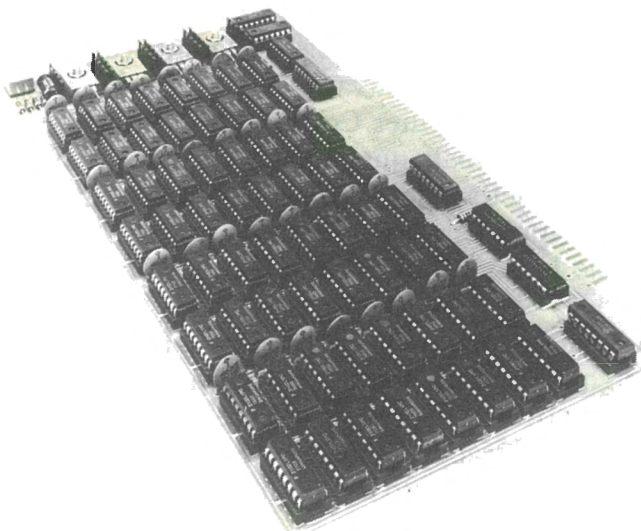
Dall'inizio del 1975 fino alla metà del 1977 praticamente chiunque avrebbe potuto avere successo negli affari venden-

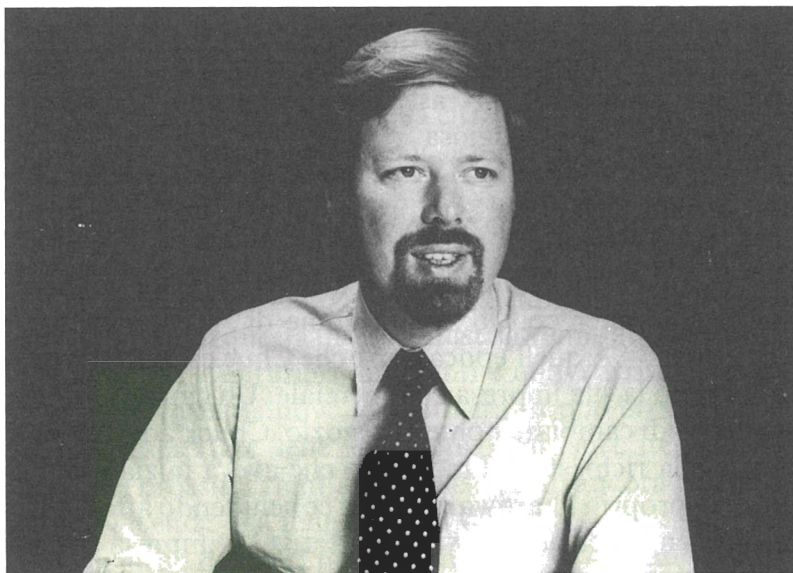
do sistemi di microcomputer. E furono in molti a fare fortuna, ma fra questi nessuna società produttrice già affermata ebbe una parte significativa.

La Apple Computer Corporation fu fondata da Steve Jobs e Steve Wosniak, quando avevano 24 e 20 anni rispettivamente. Progettarono il loro microcomputer per divertimento. La Apple Computer Corporation avrà probabilmente un utile lordo di più di cinquanta milioni di dollari nel 1979.

Tornando un po' indietro, nel 1976 Bob Harp lavorava alla Hughes Research and Development Company come ingegnere elettronico. Sua moglie Lore e la sua amica Carole Ely stavano cercando qualcosa per occupare il tempo libero. Bob Harp progettò una piastra di memoria che potesse adattarsi ai microcomputer.
Bob Harp progettò la memoria come un kit che gli acquirenti dovevano poi montare. Nell'agosto del 1976, Lore e Carole impiantarono la produzione nel bagno di casa Harp, e procedettero a spedire quattromila kit di memorie nei successivi dodici mesi. Incoraggiate, esse chiamarono la loro società Vector Graphic, accumularono seimila dollari di capitale di investimento, e si trasferirono dal bagno di casa Harp ad una sede più prestigiosa.

La Vector Graphic oggi costruisce interi sistemi di microcomputer. Nel 1979 avrà probabilmente un utile lordo di sei milioni di dollari.

E poi c'è quel Chuck Grant, che nel 1976 aprì un negozio di computer con lo strano nome di "Kentucky Fried Computers". A quell'epoca non è che Chuck prendesse molto sul serio la sua impresa commerciale. Un giorno gli venne suggerito di cambiare nome al negozio. Chuck aderì prontamente alla richiesta dal momento che aveva iniziato a produrre in proprio l'hardware e stava concludendo affari ad un livello ben superiore alle sue aspettative. L'impresa non era più un gioco, essendo diventata una enorme operazione di gran successo. Così la Kentucky Fried Computers divenne la

Per gentile concessione della Vector Graphic, Inc.

La piastrina di memoria progettata da Bob Hard della Vector Graphic, Inc. Tale piastrina, che ha dimensioni ancora più piccole di quelle di un libro tascabile, contiene tutta l.informazione necessaria ad un computer.

Bob Hard.

Per gentile concessione della Vector Graphic, Inc.

Per gentile concessione della Vector Graphic, Inc.

Lore Harp e Carole Ely, rispettivamente presidente e segretaria generale della Vector Graphic, Inc..

North Star Computers e nel corso del 1979 ha realizzato probabilmente un utile lordo di dieci milioni di dollari.

Quella della Alpha Micro System è forse la storia del successo più sorprendente. Tale società venne fondata il 17 marzo 1977 a Irvine, California, da Richard Wilcox, Robert Hitchock e John French.

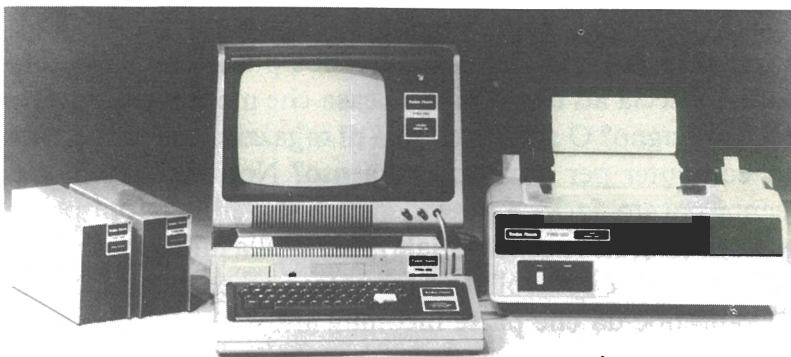
Investirono nella società cinquantamila dollari in apparecchiatura e un migliaio di dollari in denaro liquido. Senza altri investimenti, vendettero sistemi di computer per circa cinque milioni di dollari nel 1978. Probabilmente hanno venduto per almeno il doppio di quella cifra nel 1979.

Oggi, fra le più di duecento società produttrici operanti sul mercato, vi sono nomi noti, come quelli della Texas Instruments, della Radio Shack e della Commodore.

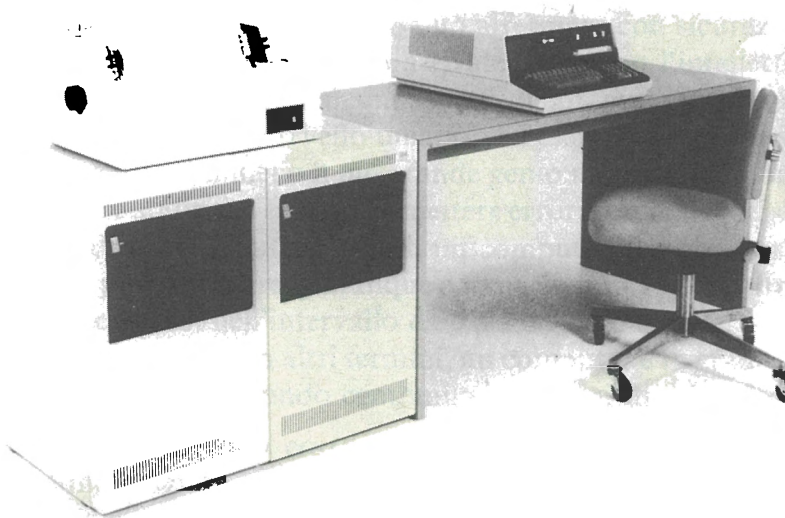
Avreste mai detto che un giorno la IBM si sarebbe trovata in concorrenza con Radio Shack? È esattamente quello che si verifica oggi. La IBM mette in vendita il suo computer più piccolo (il 5110) e la Radio Shack fa altrettanto con il suo TRS-80 nello stesso negozio di microcomputer.

È divertente leggere di una donna di casa annoiata che accumula una fortuna assemblando hardware nella stanza da bagno, o di tre professionisti che con un investimento iniziale di cinquantamila dollari avviano nel giro di due anni una gigantesca produzione di computer. Mentre tutto questo stava succedendo, dove erano la Digital Equipment Corporation, la Data General e la Hewlett-Packard, tanto per citare le tre più importanti società produttrici di minicomputer? E dov'era l'altra trentina di case produttrici? Si sentivano così forti da poter ignorare il mercato di miliardi di dollari che si stava aprendo? Il fatto è che la direzione di quelle società semplicemente non riuscì a capire che cosa stava succedendo. E se non lo riuscivano a capire dei professionisti dell'industria come avrebbe potuto riuscire a capirlo l'uomo della strada?

La storia del microcomputer non rappresenta però un caso unico. Essa si ripeterà nel corso dei prossimi venticinque anni, e molte nuove industrie sorgeranno praticamente dal nulla sotto lo sguardo sbigottito di chi avrebbe dovuto prevedere gli eventi.

Si consideri la posizione disperata di una qualunque coalizione di interessi che cerchi di fermare la nuova rivoluzione industriale . Facciamo l'ipotesi che un sindacato avesse valutato la situazione dei microprocessori già nel 1975 e avesse previsto con rara lungimiranza la minaccia che sui tempi lunghi l'automazione basata sui microprocessori avrebbe portato al mercato del lavoro. Supponiamo che questo sindacato avesse avuto l'immaginazione necessaria per prevedere che il primo passo verso l'automazione dei robot sarebbe stato rappresentato dai microcomputer; in tal

Per gentile concessione della Radio Shack, divisione della Tandy Corporation

Il sistema "Business Computer" TRS-80 della radio Shack, che fa concorrenza ai prodotti analoghi della IBM.

caso, avrebbe cercato di controllare l'industria dei microcomputer già nel corso della sua gestazione. Ma come avrebbe potuto portare avanti una operazione del genere? Avrebbe incominciato con l'attaccare le maggiori società produt-

IBM 5110

Per gentile concessione della IBM

trici di computer, come la IBM, la Digital Equipment Corporation e la Data General. Avrebbe potuto un sindacato dare la caccia ad una donna di casa che montava hardware nel suo bagno? O ad una coppia di ragazzini che progettava un computer per puro divertimento? Non avrebbe ovviamente potuto farlo. Ciò evidenzia una delle ragioni per le quali la rivoluzione industriale basata sulla microelettronica non può essere controllata o fermata: anche volendo, nessuno saprebbe da che parte incominciare.

CAPITOLO 3

I COMPUTER SONO INTELLIGENTI?

Nei capitoli precedenti abbiamo visto come la rivoluzione della microelettronica non può essere né controllata né fermata, perché nessuno è in grado di sapere dove e quando si svilupperanno delle nuove iniziative.

Quali sono i pericoli di questa incapacità a controllare la situazione? Dipendono in ultima analisi dalle possibilità della microelettronica. In un contesto del genere, nessuna domanda che ci possiamo porre è più significativa della seguente: è in grado l'intelligenza elettronica di sostituire l'intelligenza umana?

A questo punto, nessuno può affermare con sicurezza se un computer arriverà mai a rivaleggiare con l'intelletto umano oppure no. Per alcuni aspetti, il computer è chiaramente superiore al cervello umano. Ad esempio, nessun essere umano, nemmeno il più grande genio matematico, può compiere addizioni senza commettere errori con la stessa velocità di un computer. Infatti, un computer che non costi troppo può sommare qualunque coppia di numeri di quattro cifre, compresi nell'intervallo da 0 a 9999, in dieci millesimi di secondo. Detto in altri termini, un computer è in grado di compiere in un secondo centomila addizioni di quel tipo.

I computer più costosi e potenti disponibili nel 1979 possono eseguire cento milioni di addizioni in un secondo. Ma i computer fanno unicamente quelle cose che sono esplicitamente istruiti a fare, laddove la mente umana è capace di

"pensiero costruttivo". Messo di fronte ad una situazione nuova, il cervello umano è capace di inventare delle soluzioni. Gli verranno dalla precedente esperienza di casi analoghi, oppure dallà giustapposizione di esperienze apparentemente scorrelate.

Se si può accettare questa come una definizione di "pensiero costruttivo", allora si può tranquillamente affermare che i computer non sono capaci di pensiero costruttivo al giorno d'oggi. Ma che cosa potrà succedere nel futuro? Se i computer potessero diventare capaci di pensare nel senso umano del termine, allora la combinazione della loro nuova abilità di pensiero con la velocità operativa di cui già sono dotati ci metterebbe nella prospettiva scomoda di affrontare una macchina di un livello intellettuale molto più avanzato di quello umano.

Io non credo che la logica elettronica sarà mai in grado di rivaleggiare con il cervello umano, ma non sono in grado di fornire delle prove concrete di questa convinzione. D'altra parte, neanche chi è convinto che l'elettronica un giorno rivaleggerà con il cervello umano ha a disposizione delle prove convincenti della sua idea. Di conseguenza, in questo capitolo, considererò gli argomenti pro e contro le tesi in questione.

La differenza maggiore fra intelligenza umana ed elettronica, quella che colpisce maggiormente di primo acchito, è la seguente: la mente umana è capace di invenzioni, laddove un computer eseguirà solo quelle operazioni che sarà esplicitamente istruito a compiere, senza eccezioni. Le istruzioni esplicite che vengono impartite ad un computer prendono il nome di "programma"; di conseguenza coloro che creano programmi per computer vengono chiamati programmatori.

Per delucidare ulteriormente la differenza fondamentale che esiste fra un computer ed una intelligenza umana, passiamo a considerare due esempi, ciascuno dei quali presenta delle conseguenze istruttive, benché non immediata-

mente evidenti.

Consideriamo per primo l'esempio dell'addizione. Una persona qualunque può imparare il concetto di addizione, dopo di che può cercare di compiere delle addizioni in maniera corretta, ma non è detto che vi riesca sempre. In altre parole, il cervello umano è in grado di comprendere ciò che deve fare, anche se poi, con tutta la buona volontà, non sempre è in grado di eseguirlo correttamente. Dall'altra parte un computer riceve una serie di istruzioni esplicite per eseguire l'addizione di due numeri in maniera corretta, sulla base di una sequenza logica prefissata.

Consideriamo il caso della addizione di due numeri di una sola cifra. Possiamo costruire una tavola di risposte.

Una persona qualunque è in grado di capire velocemente i concetti che stanno alla base di questa tabella e di conseguenza sarà in grado di farne a meno. Ma una logica elettronica non sarà mai in grado di acquisire una comprensione concettuale di questo tipo. Un programma di addizioni per computer deve invece basarsi su qualche logica meccanica,

		Primi addendi									
		0	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
Secondi addendi	**0**	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	2	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	3	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	4	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	5	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	6	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	7	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	8	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	9	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18

Il numero situato all'intersezione fra la colonna del primo addendo e quella del secondo rappresenta la loro somma.

Tabella della somma.

rappresentata da una sequenza di istruzioni. Una sequenza possibile di istruzioni può essere basata sui numeri che si trovano incasellati nella tabella in maniera tale da essere locazioni indirizzabili di una memoria di computer. (Non si deve attribuire un significato particolare agli indirizzi che

Secondi Addendi		**Primi Addendi**									
		030	**031**	**032**	**033**	**034**	**035**	**036**	**037**	**038**	**039**
		20	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**	**28**	**29**
040	00	0020	0021	0022	0023	0024	0025	0026	0027	0028	0029
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
041	01	0120	0121	0122	0123	0124	0125	0126	0127	0128	0129
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
042	02	0220	0221	0222	0223	0224	0225	0226	0227	0228	0229
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
043	03	0320	0321	0322	0323	0324	0325	0326	0327	0328	0329
		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
044	04	0420	0421	0422	0423	0424	0425	0426	0427	0428	0429
		4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
045	05	0520	0521	0522	0523	0524	0525	0526	0527	0528	0529
		5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
046	06	0620	0621	0622	0623	0624	0625	0626	0627	0628	0629
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
047	07	0720	0721	0722	0723	0724	0725	0726	0727	0728	0729
		7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
048	08	0820	0821	0822	0823	0824	0825	0826	0827	0828	0829
		8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
049	09	0920	0921	0922	0923	0924	0925	0926	0927	0928	0929
		9	10	11	12	13	14	15	16	17	18

Indirizzo **Contenuto**

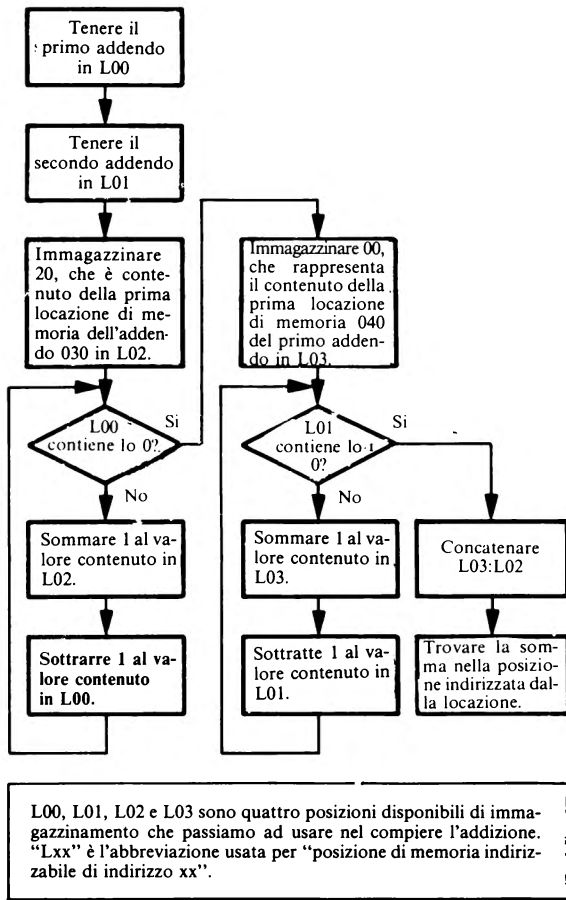
Tabella dell'addizione in cui i primi e i secondi addendi e la loro somma sono stati disposti in modo che ciascun numero si trovi in una posizione indirizzabile, come nella memoria di un computer.

sono stati scelti per l'illustrazione qui accanto. Le cifre sono state impiegate solo per facilitare la comprensione. Siccome gli indirizzi vanno fino al 929, la memoria del computer deve avere almeno altrettante locazioni indirizzabili, ciascuna capace di contenere un numero completo).

Le dieci locazioni indirizzabili della memoria riservate ai secondi addendi contengono le cifre da 0 a 9, come ci si deve peraltro aspettare, ma le dieci locazioni della memoria riservate ai primi addendi contengono i valori da 20 a 29. Questi non sono peraltro i valori richiesti dei primi addendi. Comunque la logica che stiamo elaborando non richiede esplicitamente che sia il primo addendo che il secondo addendo contengano gli effettivi valori del primo e del secondo addendo all'interno delle rispettive locazioni di memoria. Il fatto che i contenuti del secondo addendo siano gli addendi effettivi è una pura coincidenza.

La chiave di questa logica consiste nel fatto che i contenuti della locazione di memoria del secondo addendo insieme con i contenuti della locazione di memoria del primo addendo creano l'indirizzo della memoria all'interno del quale si troverà la somma. Supponiamo di fare l'addizione di cinque e sette. Il cinque figura come sesto fra i valori dei secondi addendi, dal momento che tali valori partono da zero. La sesta locazione della memoria dei secondi addendi ha l'indirizzo 045. In corrispondenza a questa locazione si troverà 05. In maniera analoga, si trova che sette è l'ottavo valore dei primi addendi, poiché anche i valori dei primi addendi partono da zero. L'ottava locazione della memoria dei primi addendi ha l'indirizzo 037, e in corrispondenza troviamo il numero 27. Concatenando fra loro i contenuti della memoria di locazione del primo e del secondo addendo, otteniamo l'indirizzo 0527. Immagazzinato in questa locazione si troverà il valore dodici, la somma di cinque e sette.

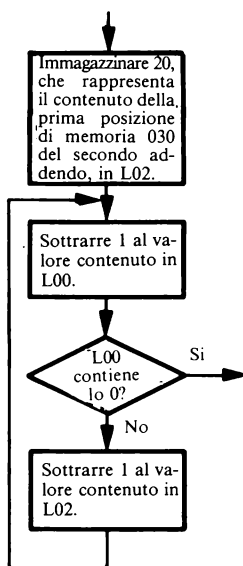
Per poter usare la tabella sopra spiegata, la logica del

programma di addizione per un computer potrebbe essere la seguente:

Eseguendo ciecamente la sequenza logica del programma di addizioni del computer congiuntamente alla tavola numerica su illustrata, si sarà sempre in grado di ottenere correttamente la somma di due cifre, anche senza aver compreso il concetto di addizione.

Che cosa succederebbe se uno dei numeri della tavola fosse sbagliato? Il computer darebbe costantemente risposte sbagliate ogni volta che il primo addendo fosse la cifra

Secondo addendo		**Primo addendo**									
		030	**031**	**032**	**033**	**034**	**035**	**036**	**037**	**038**	**039**
		20	**21**	**22**	**23**	**42**	**25**	**26**	**27**	**28**	**29**
040	**00**	0020	0021	0022	0023	0024	0025	0026	0027	0028	0029
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
041	**01**	0120	0121	0122	0123	0124	0125	0126	0127	0128	0129
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

cinque se, come mostra la tabella qui sopra, il numero immagazzinato nella locazione di memoria 034 avesse avuto le cifre scambiate fra loro; si ha cioé il numero 42, e non il 24.

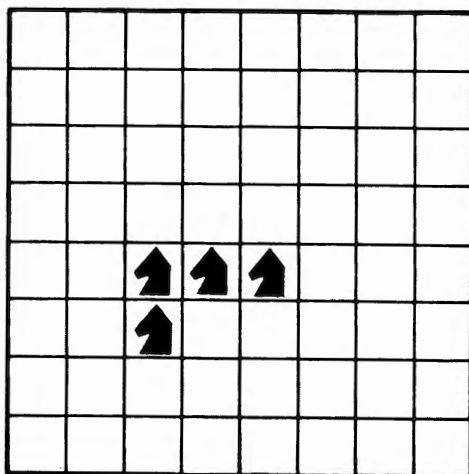
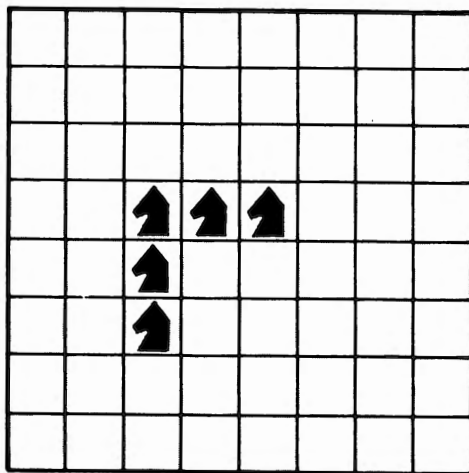
E che cosa succederebbe qualora la sequenza delle istruzioni fosse errata? Poniamo il caso che la sequenza di istruzioni fosse come segue:

Stiamo usando una logica in base alla quale si assume che i primi addendi partono dallo zero invece che dall'unità. Di conseguenza, il computer farà la somma del primo addendo, poi del secondo addendo e in più dell'unità. Dopo tutto, starà solo seguendo ciecamente le istruzioni. Una persona potrebbe accorgersi delle contraddizioni insite in tutto ciò e degli errori più ovvi semplicemente perché il cervello umano è in grado di capire che cos'è l'addizione. Il computer invece non può comprendere il concetto di addizione ed esegue esattamente le indicazioni specificate nel suo programma, per quanto assurde possano essere le conseguenze che se ne traggono.

Consideriamo un esempio più visivo. Sono stati programmati dei computer per giocare a scacchi. E in effetti, i migliori programmi di computer per il gioco degli scacchi sono in grado di sconfiggere un qualunque giocatore, a meno che non si tratti di un gran maestro. Rimane tuttavia il fatto che i computer non "pensano" mentre giocano a scacchi, mentre gli uomini pensano.

I computer si regolano sulla base di un programma, definito in termini assoluti ed espliciti, e tali da non lasciare alcun margine al giudizio individuale. Le istruzioni necessarie sono molto più complesse che nel caso della logica dell'addizione di cui abbiamo parlato prima, anche se dal punto di vista concettuale non sono differenti.

Supponiamo ora di cambiare a nostro arbitrio la maniera in cui si muovono i cavalli. Messo di fronte a questa situazione, il cervello umano inventerà delle opportune soluzioni. Basandosi sull'esperienza acquisita nel gioco normale degli scacchi, delle persone non avrebbero molta difficoltà ad adattarsi alle nuove regole del movimento dei cavalli. Un computer invece non sarebbe in grado di affrontare la situazione. Esso continuerebbe a muovere i cavalli alla vecchia maniera fino a quando non sarà programmato di nuovo specificando esplicitamente la nuova regola per il movimento dei cavalli. Ma anche dopo che sarà stata specificata nel suo

programma la nuova regola, il computer continuerà ad usare una strategia basata sulla regola vecchia, se non si provvederà a cambiare anche la parte del programma concernente la strategia. Per di più si avrebbe che, sbagliando anche di poco nella variazione del programma, il computer compierebbe

Così dovrebbero muoversi i cavalli.

Questa è la nuova regola per il movimento dei cavalli.

tutti gli errori, anche i più assurdi, conseguentemente al programma errato.

Il giocatore di scacchi ha già imparato prima a pensare. Il computer invece non può neanche imparare a pensare. Deve invece ricevere un insieme di istruzioni in maniera esplicita, che non lasci nulla di indefinito.

Vi sono due maniere di considerare i due esempi che abbiamo fatto per dare una idea delle differenze esistenti fra l'intelligenza umana e quella dei computer. In primo luogo possiamo intendere questi due esempi, come illustrazioni di una semplice realtà, che consiste nel fatto che gli esseri umani possono pensare, mentre l'intelligenza elettronica non può farlo. A ciò si potrebbe opporre che gli esempi addotti sono fallaci, perché contengono delle assunzioni riguardanti l'intelligenza umana che non sembrano ben fondate.

Che cosa è la capacità umana di pensare? Dovremmo forse iniziare tutti i programmi di computer con un programma che permetta al computer di pensare come un essere umano? Che cosa succederebbe in tal caso? Guardiamo all'esempio dell'addizione: la logica elettronica è capace di compiere degli errori stupidi, che nessun essere umano farebbe, semplicemente perché abbiamo in un certo senso negato alla logica elettronica la capacità di capire. Non stiamo dunque facendo un confronto scorretto? Che succederebbe se qualcuno fosse veramente capace di formulare un programma che fornisse al computer la possibilità di "comprendere"?

Questa sarebbe un'impresa.

Una definizione esatta del procedimento del pensiero umano, che ci permetterebbe di programmare un computer a pensare, rappresenta senza dubbio un compito di formidabile difficoltà. Il problema principale è che la logica elettronica si colloca ad un livello molto elementare. In altri termini, un programma di computer deve definire un problema molto esplicitamente affinché il computer sia in grado di risolverlo, dal momento che l'intelligenza elettronica è ad un

livello primitivo. I processi conoscitivi dell'uomo sono invece tutt'altro che primitivi. Può darsi però che i processi conoscitivi dell'uomo siano il frutto di un programma molto complesso il quale a sua volta dipenda da una qualche logica biologica altrettanto primitiva della logica elettronica elementare.

Se le cose stanno veramente così, allora forse sarà possibile che qualcuno formuli un programma per computer che renda la logica elettronica capace di compiere operazioni tipiche del pensiero umano, rendendola quindi capace di comprendere.

Nel libro *The Dragons of Eden* (1), Carl Sagan fa una valutazione in base alla quale la logica di un cervello umano medio è equivalente a diecimila miliardi (10^{13}) di circuiti logici elettronici elementari. Se la stima fatta da Carl Sagan è corretta, allora il problema della quantità di logica non sarebbe insormontabile. Prima dello scadere dei prossimi venticinque anni chiunque sarà in grado di comprare un quantitativo sufficiente di logica elettronica da potersi paragonare a quella del cervello umano per molto meno di un milione di dollari, forse addirittura per qualche migliaio di dollari. Supponendo di aver risolto ogni altro genere di problemi, è chiaro che con prezzi come quelli appena accennati un computer pensante non finirebbe nella casa di un cittadino a reddito medio, ma sarebbe pur sempre alla portata economica di qualche impresa che volesse acquistarlo come un prodotto commerciale. Negli ultimi anni, le società più grosse hanno speso cifre paragonabili per i computer addetti alla elaborazione dei dati.

Ma possono veramente essere risolti tutti i problemi, che non siano quelli del prezzo? In realtà noi siamo ben lontani dal comprendere sia pure in termini rudimentali come veramente funzioni il cervello umano; a maggior ragione

---

1) Carl Sagan, *The Dragons of Eden*, Ballantine Books, New York, 1978 pag. 47.

non disponiamo ancora di quella comprensione completa e precisa che si richiede per creare un equivalente elettronico del cervello dell'uomo.

Se si potesse raggiungere una comprensione completa, del funzionamento del cervello fino ai minimi dettagli, allora un equivalente elettronico della intelligenza umana entrerebbe nel novero delle possibilità tecniche. Ma anche in quel caso estremo, vi sarebbe ancora qualche margine di dubbio, perché non vi è alcuna garanzia che la logica elettronica sia veramente in grado di riprodurre gli schemi del pensiero umano, una volta che si sia stati capaci di penetrarli.

CAPITOLO 4

IL ROBOT DAL COLLARE BLU

La tecnologia elettronica ha creato nuove industrie e nuovi posti di lavoro, ma nello stesso tempo ha portato alla completa eliminazione di alcune professioni ed attività.

Consideriamo ad esempio il linotipista. Fino agli inizi degli anni sessanta, tutti i giornali ed i libri avevano i loro linotipisti, in quanto venivano impiegate delle speciali macchine Lynotype, alle quali erano addetti appunto i linotipisti. Oggi invece le apparecchiature di composizione sono connesse direttamente ai terminali di un computer, i quali a loro volta sono messi in funzione da dattilografi e cronisti; di conseguenza, la professione del linotipista ha fatto la stessa fine di quella del fabbro ferraio. Dall'altro lato invece, l'elettronica ha creato l'industria della televisione, con tutti i nuovi posti di lavoro che questo ha comportato.

La tecnologia non ha fatto altro che creare ed eliminare attività lavorative nel corso degli ultimi duecento anni, vale a dire sin da quando James Watt inventò la macchina a vapore. Ora, i sindacati e la forza lavoro rappresentata dai cosiddetti colletti blu hanno qualche ragione particolare per temere lo sviluppo della microelettronica?

Ragioni ne hanno, in quanto per la prima volta nella storia, sono state create macchine capaci di competere con delle persone nello svolgimento di lavori, che richiedono le capacità intellettive tipiche del cervello umano.

Alla fine del capitolo terzo, eravamo arrivati alla conclusione che l'intelligenza elettronica non sarà in grado, al-

meno nell'immediato futuro, di rivaleggiare con la mente umana. Ma non è necessario che si giunga a questo perché l'intelligenza elettronica incominci ad essere in grado di sostituirsi all'uomo. In molti lavori si richiede un uso limitato dell'intelligenza umana; le macchine del passato non erano in grado di compiere tale genere di lavori, ma le macchine odierne lo sono.

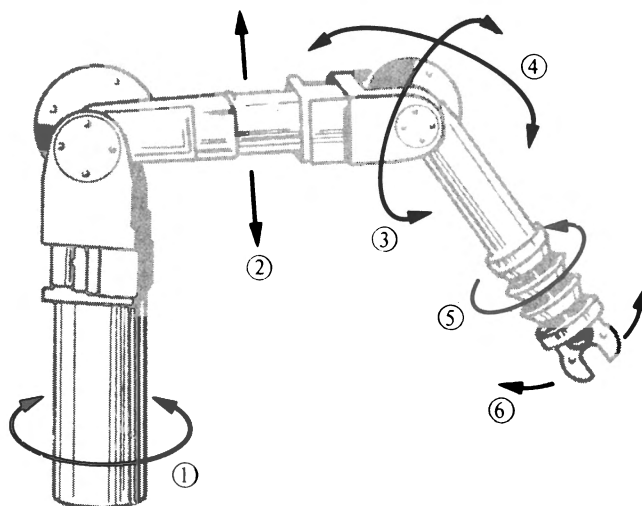
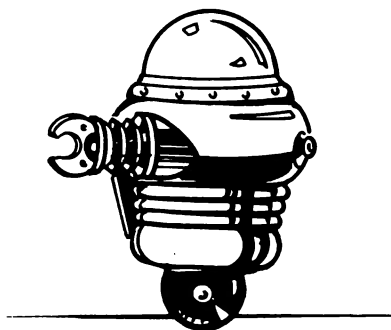
La microelettronica incomincerà a sostituire la manodopera proprio nello svolgimento dei lavori che non richiedono un uso eccessivo di fosforo. Qualcuno potrebbe non essere d'accordo, ma sembra che i lavori svolti dai cosiddetti colletti blu rientrino in questa categoria. Mentre invece ci vorrà ancora molto tempo prima che le macchine sostituiscano l'uomo delle mansioni che richiedono giudizio e discernimento.

La descrizione dettagliata dell'influenza che l'elettronica potrà avere su ogni tipo di industria e di attività costituisce un compito forse troppo ambizioso.

In questo capitolo, dedicato alle attività dei colletti blu, prenderemo in considerazione solo un tipo di prodotto, il robot industriale, ed un solo tipo di attività, il servizio postale. In analogia con il caso trattato, si possono immaginare quali possano essere le conseguenze dell'elettronica su altri tipi di attività ed in altre industrie o servizi.

Consideriamo dapprima i robot. Il termine robot evoca alla immaginazione un oggetto metallico pensante, dotato di sembianze umanoidi. Un robot industriale però non ha una apparenza del genere. Il robot industriale prodotto dalla società chiamata Unimation, ad esempio, è costituito da un unico "braccio", dotato di un insieme di "pinzette".

I robot industriali come quelli della Unimation incominciarono ad essere prodotti verso la fine degli anni sessanta. A quel tempo erano molto costosi, poiché la logica elettronica necessaria per un braccio meccanico era ancora molto complessa. Di conseguenza, i robot venivano impiegati solo nei casi in cui non era possibile l'impiego di manodope-

ra, cioè per lavori che dovessero essere svolti in ambienti nei quali la temperatura fosse troppo elevata, oppure vi fosse pericolo di radiazioni, oppure per operazioni che dovevano essere svolte sul fondo degli oceani. Ad esempio, dopo l'incidente avvenuto nel marzo del 1979 alla centrale nucleare di Three Mile Island in Pennsylvania, venne impiegato un

La figura mostra i movimenti di un robot del tipo Unimation, che può essere azionato da sei motori elettrici. I motori 1 e 2 fanno ruotare e piegare il braccio. I motori 3 e 4 fanno muovere il "gomito" all'in su, all'in giù e lateralmente: Il motore 5 fa ruotare le pinze, mentre il motore 6 aziona l'apertura e chiusura delle pinze.

Robot che segue un filo. Si tratta di un metodo che viene usato i alcuni magazzini per far muovere dei robot su di un percorso fisso.

robot per raccogliere dei campioni di acqua radioattiva all'interno del reattore danneggiato.

Il robot ad un braccio è un dispositivo semplice dal punto di vista concettuale. Sei motori elettrici sono in grado di controllare ogni singolo movimento di un membro con due giunture, un polso rotante, ed un paio di pinzette. Un robot del genere viene programmato specificando quali motori elettrici devono essere azionati, e per quanto tempo.

Al giorno d'oggi sono disponibili anche dei robot mobili. Si muovono su ruote e non camminano con delle gambe. Ovviamente un robot che si muova su ruote non può salire su delle scale o superare degli ostacoli; è però più facile costruire una superficie piana sulla quale un robot dotato di ruote si possa muovere agevolmente, che costruire un robot dotato di gambe e perciò capace di superare degli eventuali ostacoli che si trovassero sul cammino. E poi vi sono molti modi in cui un robot a ruote può aggirare un ostacolo. Un metodo di largo uso nei magazzini, in cui i robot si muovono su percorsi fissi, è quello di porre un filo percorso da corrente, lungo il tracciato che deve percorrere il robot, il quale semplicemente si fa guidare dal filo. Un altro metodo è quello di controllare i movimenti di un robot via radio, nello stesso modo in cui vengono controllati i modellini di aereoplani e di navi.

Un semplice robot con un braccio solo non costituisce una grande minaccia per il colletto blu. Anche aggiungendo ad esso uno o più bracci o delle ruote, si avrebbe pur sempre una macchina non molto versatile ed eccessivamente costosa per le prestazioni di cui sarebbe capace. Ma che cosa succederebbe il giorno in cui i robot diventassero intelligenti e poco costosi?

Si tratta di soggetti che non hanno sul lavoro le cattive abitudini che hanno invece gli uomini. I robot infatti non si stancano, non si distraggono e non compiono errori, mentre invece gli esseri umani si stancano, si distraggono e commettono errori.

Un robot è in grado di lavorare in continuazione, per ventiquattro ore al giorno e per sette giorni alla settimana, qualora fosse necessario. Gli esseri umani invece devono fermarsi per mangiare, dormire, divertirsi e per gli intervalli del caffé.

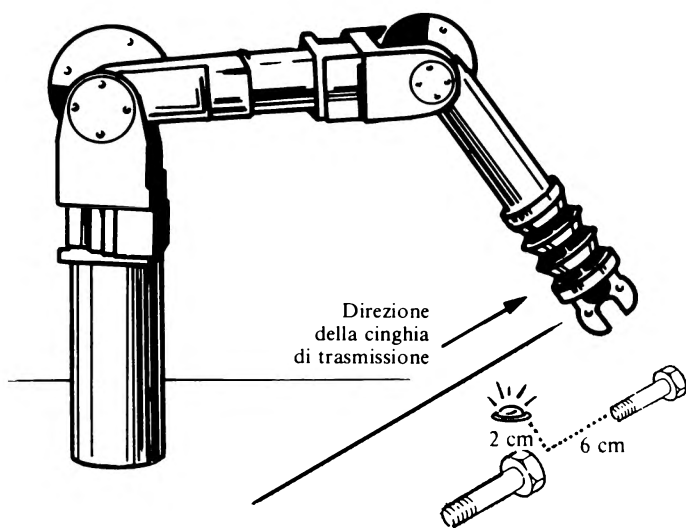
I robot non sono iscritti a nessun sindacato e non avanzano richieste, cosa che invece fanno regolarmente gli esseri umani.

Ma guardiamo a quello che l'elettronica può fare nel campo dei robot. Consideriamo qualcuno dei problemi connessi ai robot e pensiamo a quale potrebbe essere una loro soluzione.

Un braccio meccanico in grado di compiere esattamente dei movimenti specifici è senz'altro un dispositivo utile. Ma anch'esso presenta dei problemi. Che succederebbe se la base del robot fosse mossa o spostata?. E se il braccio in questione dovesse afferrare degli oggetti che si trovino su un nastro in movimento, o dovesse porre degli oggetti su di una superficie in movimento?

In tal caso non sarebbe molto utile disporre di un braccio mobile lungo un percorso prefissato, perché non sempre il robot sarà così fortunato da trovare ogni volta l'oggetto da afferrare nella posizione giusta.

Ci sono diversi modi in cui un robot può essere progettato in maniera da essere in grado di identificare degli oggetti in movimento. Si può mettere una sorgente di luce su un nastro in movimento o fare riflettere la luce da macchie dipinte di bianco. Una cellula fotosensibile non diversa da quella che si trova in qualunque macchina fotografica può identificare la sorgente luminosa: l'intelligenza elettronica può usare questa informazione per controllare il braccio del robot, facendogli afferrare o depositare un oggetto esattamente ad una certa distanza dalla sorgente luminosa.

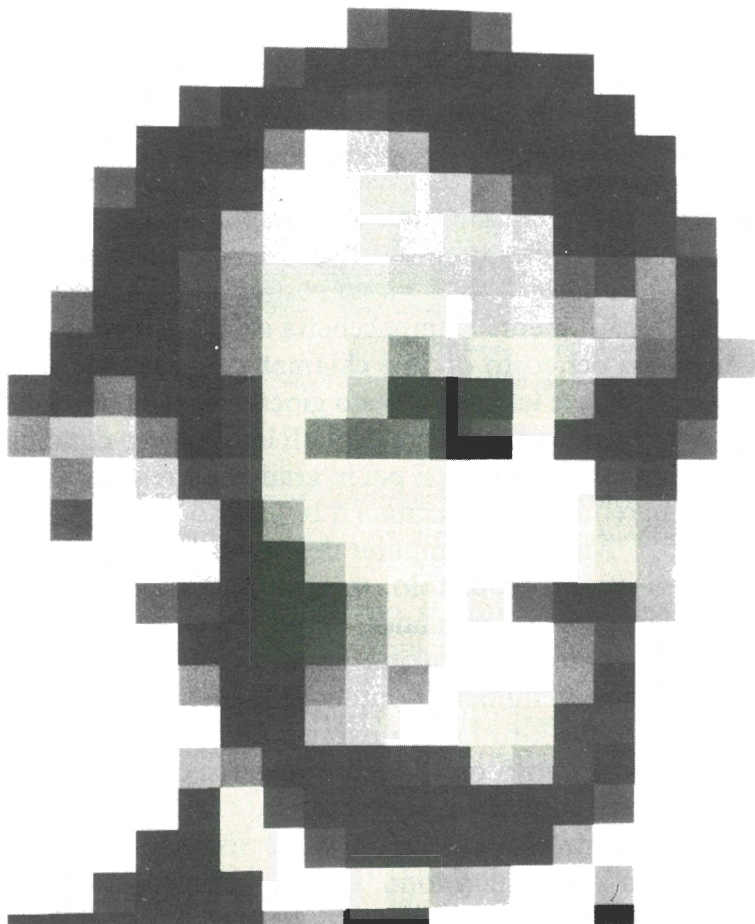
Nell'illustrazione qui accanto, l'intelligenza elettronica fa in modo che il braccio raccolga un bullone che si trovi sei centimetri di fronte e due centimetri a lato di una mac-

La figura mostra uno dei modi possibili coi quali un robot può riuscire ad inviduare con precisione un oggetto in movimento. Una cellula luminosa, come quella che si trova negli apparecchi fotografici permette di identificare delle sorgenti luminose, che si trovino su di una fascia in movimento per conto della intelligenza elettronica che controlla il braccio del robot.

chia bianca su un nastro in movimento. Il braccio del robot è ora in grado di cavarsela con oggetti in movimento: si tratta di un piccolo passo avanti nella direzione dell'intelligenza.

L'oggetto stesso può essere dotato di un marchio, ad esempio, un bullone scuro (o qualunque altro oggetto) che sia in movimento su una cinghia di trasmissione anch'essa scura, potrebbe essere reso identificabile da macchie di vernice bianca o fluorescente. Il braccio del robot potrebbe allora calare guidato dalla luce riflessa dalla macchia dipinta. Il braccio del robot avrebbe allora acquistato una nuova capacità, quella di afferrare un oggetto che si sposta su una cinghia in movimento.

Il più perfezionato dei robot però sarà quello in grado di vedere. La Fairchild Camera, la Instrument Corporation e la Texas Instruments hanno entrambe progettato dei cir-

cuiti microelettronici in grado di "vedere" grazie allo stratagemma di dividere un campo visivo in quadrati dotati di varia intensità luminosa.

Nel 1979 la microelettronica in grado di "vedere" in questo modo è piuttosto costosa, e di conseguenza non è ancora di uso comune. Ma come è successo per tutti gli altri dispositivi creati dalla microelettronica, anche in questo caso i prezzi diverranno abbordabili non appena si sarà formato

Per gentile concessione della Blocpix, divisione della Watson, Manning

Immpagine quantizzata "spazialmente" di Lincoln "vista" da un computer.

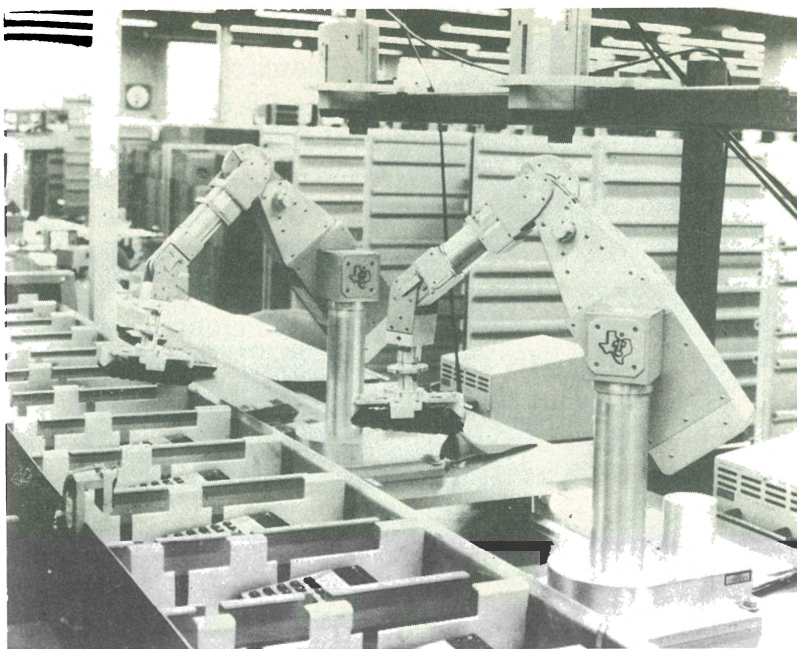
un mercato sufficientemente ampio. E quello dei robot promette sicuramente di essere un mercato molto grosso.

Un robot dotato di una elettronica in grado di "vedere" può identificare un oggetto od un posto in base alla sua forma. Osservando degli oggetti che si muovono su una cinghia, un robot potrebbe saldare due pezzi di metallo identificando il punto di saldatura dalla sua forma.

La Texas Instruments ha già approntato dei robot che "vedono", i quali sono già al lavoro sulle linee di produzione dei calcolatori.

L'elettronica è in grado ormai di sentire, sia pure in modo rudimentale, e anche di parlare. Si possono creare elettronicamente dei discorsi registrando i suoni delle varie parole, combinandoli successivamente per formare intere frasi. Ciò richiede circa altrettanta tecnologia elettronica di quanta viene impiegata in un registratore a nastro.

La parola elettronica ha un costo ormai così basso che la Texas Instruments la impacchetta ormai in un giocattolo pedagogico del costo di 50 $ chiamato "Speak and Spell". (Parla e indica le lettere). Questo giocattolo pronuncia delle parole e vi chiede di indicare di quali lettere sono composte, usando una serie di tasti. È poi in grado di dire se la risposta data è corretta oppure errata. (Il bollettino del marzo 1979 del gruppo Amateur Computer del New Jersey ha rivelato i segreti di questo giocattolo, mostrando a chiunque come padroneggiarlo ed insegnando nuovi trucchi).

L'elettronica che "ascolta" trasforma delle onde sonore in sequenze di numeri. L'intelligenza elettronica cerca di discriminare fra loro i suoni paragonando la sequenza numerica di una nuova onda sonora con le sequenze numeriche delle onde sonore già immagazzinate in una apposita biblioteca. L'elettronica che "sente" deve necessariamente essere connessa ad un microfono. Per prima cosa, uno mette a posto l'elettronica per la registrazione, poi pronuncia le parole che devono essere riconosciute, una alla volta, al microfono. L'elettronica che "ascolta" trasforma l'onda sonora

Per gentile concessione della Texas Instruments Incorporated

I robot in grado di "vedere" della Texas Instuments al lavoro.

della parola in sequenze di numeri, che vengono immagazzinate in una memoria elettronica come una biblioteca di parole.

In un secondo momento si appronta l'elettronica a "sentire". Per sentire "elettronicamente" delle parole, un dispositivo deve paragonare la forma dell'onda sonora generata da qualcuno che parla, con le forme di onde sonore immagazzinate in biblioteca. Non si tratta di un compito facile. Una stessa parola pronunciata da due individui con accenti differenti può suonare in due modi del tutto diversi, ancora più diversi del caso in cui si trattasse di due parole pronunciate dallo stesso individuo. Ad esempio, un computer potrebbe riconoscere "shedyl" e "skedjol" come due modi diversi di pronunciare la parola "schedule"; "Iy" po-

Per gentile concessione della Texas Instruments Incorporated

Il giocattolo Speak and Spell della Texas Instruments. La parola elettronica, che richiede tanta tecnologia quanta ne contiene un registratore, è già disponibile a prezzi così bassi che con un giocattolo da cinquanta dollari come questo, i bambini possono imparare divertendosi come si scrivono correttamente le parole.

trebbe essere identificato come "I" oppure "eye", oppure ancora come un "aye" pronunciato male.

Nel 1979 è possibile comprare a basso prezzo dell'elettronica in grado di "sentire"; la precisione di tale ascolto non è però molto elevata.

Ad esempio, una piccola società chiamata Heuristics vi può vendere per meno di 200 $ dell'elettronica in grado di identificare sedici vocaboli differenti. È disponibile un'altra piastra della Heuristics, in grado di identificare fino a sessantaquattro parole.

Una elettronica che "sente" di basso prezzo, come quella prodotta dalla Heuristics, indovina la parola giusta

nove volte su dieci, purché sia la stessa persona a registrare ed a pronunciare le parole. Ma se la persona in questione ha preso un raffreddore, o si è appena messa un dente falso, o se è qualcun altro a pronunciare le parole, l'accuratezza del loro riconoscimento subisce un considerevole abbassamento. I ricercatori del laboratorio centrale della Bell Telephone Company affermano di aver progettato dei dispositivi elettronici che "sentono", in grado di decodificare un discorso pronunciato da chiunque, anche tenendo conto delle diverse pronuncie. Ritengono che un sistema elettronico di ascolto che abbia scopi generali e che sia dotato di un vocabolario di poche centinaia di parole, possa essere costruito al giorno d'oggi, e possa essere venduto per meno di 300 $. Credono anche che sistemi di ascolto elettronici di questo tipo potranno essere disponibili al grande pubblico nel giro di tre anni.

Per gentile concessione della Heuristics, Incorporated

Una piastra della Heuristics, capace di identificare 64 parole, purché sia la stessa persona a registrarle ed a pronunciarle.

Se ne conclude che il robot del futuro sarà in grado di afferrare e di muovere degli oggetti, di azionare delle macchine, di inserire pezzi, di saldarli, di manipolarli, purché le sue membra meccaniche sappiano sufficientemente destreggiarsi e siano abbastanza forti per svolgere tale compito. Nessuna impresa risulterà essere troppo difficile per il robot.

Il robot del futuro sarà in grado di udire delle parole pronunciate ed anche suoni non verbali, e sarà capace di rispondere a ciò che sentirà. Il robot del futuro sarà in grado di parlare con un vocabolario esteso e genererà quasi ogni genere di suoni. Il robot del futuro sarà poi in grado di connettere ciò che vedrà ed ascolterà con i movimenti delle sue membra, per passare a svolgere qualunque compito per il quale sia stato esplicitamente istruito.

Date le mansioni che i robot saranno in grado di svolgere, il loro impatto sarà piuttosto profondo.
Molte mansioni degli addetti alle linee di montaggio dovranno sparire. Automobili, lavatrici ed apparecchi televisivi potranno essere assemblati dai robot. I robot saranno poi in grado di assemblare addirittura se stessi, cioé degli altri robot.

Al giorno d'oggi, circa il venti per cento dei colletti blu svolgono lavori connessi alle catene di montaggio. Nel corso dei prossimi vent'anni il novanta per cento di questi posti di lavoro potrebbero essere eliminati. Ma lo saranno poi veramente? È possibile che i sindacati stiano a guardare mentre si procede alla completa eliminazione della loro base di iscritti?

Se una industria non è costretta ad affrontare la concorrenza internazionale, allora può succedere che dei gruppi di pressione impongano della pratiche industriali non consone a criteri di perfetta economicità.

Ad esempio, l'esistenza di reti ferroviarie in tutti i paesi all'infuori degli Stati Uniti fa sì che non vi sia alcuna preoccupazione della concorrenza per l'industria ferroviaria statunitense. Non è assolutamente possibile trasportare mac-

chine o passeggeri fra Detroit e New York usando il sistema ferroviario giapponese. Di conseguenza è possibile esercitare delle pressioni sulle ferrovie statunitensi affinché si eviti di introdurre dei cambiamenti che comportino sacrifici della manodopera.

Finché qualche altro sistema di trasporto, come quello stradale dei camion, non sarà riuscito a soppiantare il sistema delle ferrovie, le inefficienze imposte dai gruppi di pressione potranno essere tollerate.

Ma le industrie che devono fare i conti direttamente con la concorrenza internazionale, non possono permettersi di questi lussi. Consideriamo l'industria americana dell'automobile. Se non fosse possibile importare delle automobili, allora l'industria domestica continuerebbe ad alzare i prezzi finché il possesso di una automobile, nonostante i suoi vantaggi, diventerebbe eccessivo rispetto al costo dei mezzi di trasporto pubblici.

I sindacati potrebbero darsi da fare per evitare che fossero introdotte nell'industria automobilistica disposizioni volte alla diminuzione della manodopera ed all'abbassamento dei pezzi, senza spingere al limite in cui l'acquisto di una automobile diventerebbe anti-economico. Ma finché la Germania, il Giappone od altri paesi esporteranno automobili negli Stati Uniti, l'industria domestica dovrà restare competitiva, se non vorrà essere sopraffatta. Ne consegue che, se i sindacati vorranno tenere i robot lontani dalle catene di montaggio, dovranno anche darsi da fare per ostacolare le importazioni, oppure dovrebbero fare in modo di impedire l'impiego dei robot in qualunque paese, avendo cura di non tralasciarne neanche uno, perché se ne tralasciassero anche uno solo, questo farebbe fallire le industrie di tutti gli altri. L'industria britannica della motocicletta fornisce un esempio di quello di cui stiamo parlando.

Nel corso di un decennio, l'industria motociclistica britannica è passata da posizioni di dominio mondiale alla più completa insignificanza. Secondo il parere di molti, sono

INDUSTRIA MOTOCICLISTICA
REGNO UNITO

Vengono inclusi nelle cifre i micromotori, gli scooters ed i motocicli.

Quantità prodotte in migliaia di unità.

1959	1969	1978
234,3	71,2	27,2

I dati qui presentati provengono dalla Motor Cycle Association of Great Britain Ltd.

stati proprio i continui contrasti fra la manodopera ed il padronato a provocare un simile collasso.

Entro i prossimi venticinque anni, i robot saranno in grado di assemblare automobili, e l'intelligenza elettronica svolgerà ogni mansione produttiva che possa essere esplicitamente definita.

La microelettronica sarà di aiuto a molte industrie esistenti e danneggerà invece delle altre. Con i robot verranno ridotti i costi del lavoro e di conseguenza anche i prezzi saranno ridotti.

Se, con l'avvento della microelettronica, si potranno eliminare la metà o i tre quarti dei costi del lavoro nella produzione di apparecchi televisivi, automobili, lavatrici e vestiti, la diminuzione dei prezzi dei prodotti potrà portare ad un aumento significativo delle vendite.

Esistono tuttavia delle industrie che la microelettronica potrà soltanto danneggiare o addirittura eliminare.

Consideriamo il servizio postale. Secondo il parere di parecchie malelingue, il servizio postale statunitense è ormai così malandato che non ci sarà bisogno della microelettronica per mandarlo definitivamente a picco. Nondimeno, senza le innovazioni della microelettronica, il servizio postale potrebbe sopravvivere in eterno, pur con tutte le sue magagne. Con le innovazioni della microelettronica, si può peraltro prevedere che gli uffici postali, così come noi li vediamo oggi,

spariranno entro i prossimi vent'anni, forse entro i prossimi dieci.

Già esistono sul mercato delle macchine per uffici che sono in grado di trasmettere lungo una linea telefonica ogni scarabocchio che si possa fare su un pezzo di carta. Una machina del genere è la QWIP®, prodotta da una divisione della Exxon Enteprises.

Oggi il costo di spedizione di una pagina per mezzo della QWIP si aggira fra i cinquanta cents ed un dollaro, per spedizioni che avvengano all'interno degli Stati Uniti. Le poste possono ancora aumentare i loro prezzi prima che i QWIP Systems costituiscano una seria minaccia. Ma con l'aumentare inesorabile del prezzo del francobollo per lettera, e la diminuzione probabilmente altrettanto inesorabile dei costi della trasmissione di informazione per mezzo di QWIP, è verosimile che non ci si trovi poi così lontani dal livellamento dei prezzi.

Oggi le macchine QWIP trasmettono e ricevono soltanto in bianco e nero. Verso la fine del 1979 saranno disponibili delle unità di QWIP dotate di una limitata capacità di trasmettere a colori. Fra qualche anno le macchine del tipo QWIP trasmetteranno e riceveranno completamente a colori, raggiungendo livelli molto alti nella qualità delle riproduzioni. Ciò avrà delle conseguenze, ad esempio, per i produttori di cartoncini augurali. Infatti può darsi che fra dieci anni, invece di andare a comprare dei cartoncini, ci si metterà davanti ad un apparecchio televisivo per passare in rassegna tutti i disegni che appaiono sullo schermo finché ci si imbatterà in quello di nostro gradimento. Si potrà allora trasmettere il disegno prescelto, insieme ad un opportuno messaggio scritto a mano, per mezzo di un ricevitore/trasmettitore a colori QWIP. La cartolina, con il messaggio, verrà riprodotta da una QWIP che si trova al terminale ricevente. Le poste continueranno ad occuparsi dei pacchi e del materiale non stampato. Ma anche per quanto riguarda questo genere di spedizioni, ai servizi postali, non mancherà la concorrenza

TABELLA DEL COSTO DELLA MANODOPERA NEI VARI SETTORI INDUSTRIALI

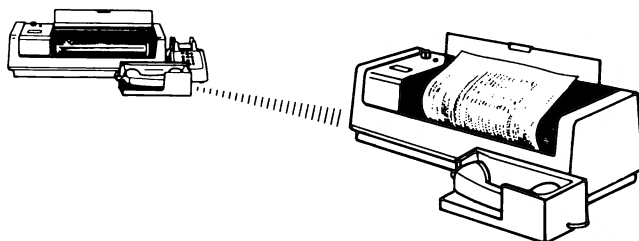
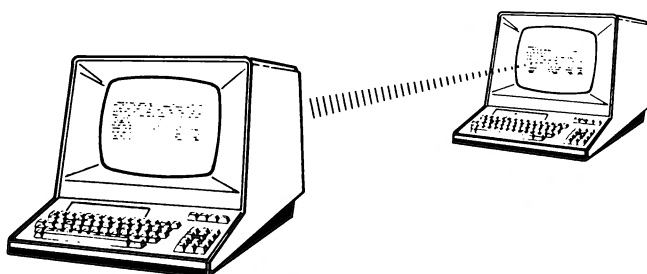
Dati ricavati sulla base delle rilevazioni annue della S & P

Salari e stipendi come percentuale delle vendite nette

	1973	1974	1975	1976*	1977
Aereospaziale ed aereonautica	37	37	35	34.9	36.2
Trasporti aerei	40	36	40	38.4	39.8
Abbigliamento	...	...	28	25.1	23.3
Automobili	32	33	30	30.0	20.4
Bibite	24	15	16	18.2	18.2
Materiali di costruzione	33	32	28	27.4	27.0
Prodotti chimici	25	22	25	24.7	24.3
Comunicazioni (Editoria, Broadcasting, Pubblicità)	...	...	39	39.3	38.8
Contenitori	36	33	33	31.2	31.6
Elettrica-Elettronica	38	37	36	35.3	35.1
Alimentari	19	17	16	16.5	16.8
Farmaceutici e Cosmetici	27	27	28	27.7	27.8
Mobili	33	29	31	31.3	31.1
Tempo libero	37	33	39	38.9	38.0
Macchinari vari (inclusi gli strumenti per il controllo degli inquinamenti e le apparecchiature ferroviarie)	...	...	32	30.8	30.9
Metalli-Non ferrosi	33	29	34	31.7	31.8
Macchine da ufficio	37	37	36	41.0	40.5
Petrolio	9	6	7	6.7	6.7
Perforazioni petrolifiche e metanifere e servizi annessi	32	32	30	30.7	31.3
Carta	28	25	26	26.8	27.3
Stampa ed editoria	32	30	...	...	...
Commercio al minuto	16	16	15	15.3	14.4
Fabbricazione della gomma	32	30	30		
Acciaio	36	31	36	36.7	36.7
Tessile	...	...	30	29.2	29.1
Trasporti stradali	...	57	59	54.2	51.6
Media	25.6	22.8	23.9	23.8	24.0

*** I dati che si riferiscono a prima del 1976 non sono a rigore paragonabili tra loro per i cambiamenti che sono intervenuti nei raggruppamenti dei settori industriali. La lettera R sta a indicare dato ripetuto.**

Dati ricavati da Standard and Poor's Industry Survevys, 12 Ottobre 1978 (Sezione 4).

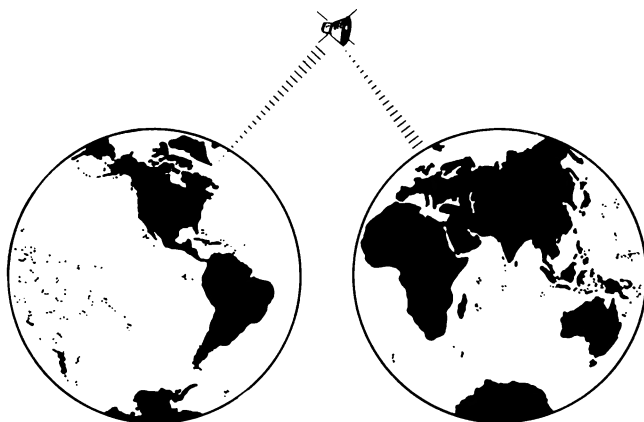
Lo QWIP Two della Exxon consente la spedizione di corrispondenza o di qualunque materiale stampato in qualunque punto del mondo nel giro di tre minuti. Una unità di questo genere, a basso costo ed a grande velocità di esecuzione, porterà al superamento del servizio postale così come lo conosciamo oggi.

La trasmissione della posta lungo linee telefoniche connette il servizio postale e l'industria dei telefoni.

Una immagine viene trasmessa tramite cavi da un apparecchio televisivo all'altro.

nel futuro.

La trasmissione della posta per mezzo di linee telefoniche porta ad una connessione fra le industrie delle poste e dei telefoni. Esistono oggi alcune interessanti alternative alla unità QWIP. Invece di far passare un pezzo di carta attraverso un terminale di una QWIP, perché non pensare di creare delle informazioni su di uno schermo televisivo, come si è visto prima per i cartoncini di auguri? Dopo tutto, un televisore è equivalente allo schermo di un terminale. Si potrebbe scrivere a macchina una lettera a casa, guardare quello che si è scritto su di uno schermo televisivo, e trasmettere l'informazione tramite linee telefoniche, le quali la faranno comparire su un altro schermo televisivo dall'altra parte del ricevitore.

La società giapponese produttrice di televisori Matsushita ha già posto in vendita degli apparecchi televisivi dotati di stampatrici inserite, in grado di dare una stampa interamente a colori di qualunque cosa venga mostrata sullo schermo televisivo.

La maggior parte dei messaggi telefonici vengono oggi trasmessi in maniera analoga alle onde radio o televisive. Non vengono più trasmessi tramite cavo. E allora perché non compiere il piccolo passo successivo e trasmettere un testo per mezzo di onde che si propagano nell'aria? È ciò che già sta accadendo; le industrie delle poste, dei telefoni e delle telecomunicazioni si trovano ad offrire i loro servizi incrociati.

Nel Regno Unito, i servizi postali e telefonici vengono forniti dal General Post Office, che è alle dipendenze del governo britannico. Le trasmissioni televisive sono in larga misura controllate dal governo. Il British Post Office fu tra i primi ad accorgersi dei vantaggi della posta elettronica e della trasmissione elettronica di messaggi. Di conseguenza, la Gran Bretagna ha assunto posizioni di preminenza in questo settore, con lo sviluppo di sistemi "Teletext", "Viewdata" e "Prestel".

Il passo che probabilmente sarà compiuto in futuro sarà rappresentato dalla trasmissione di un testo attraverso i continenti.

Negli Stati Uniti invece il servizio postale viene svolto da una agenzia governativa, mentre le industrie telefoniche e di radio-teletrasmissioni sono gestite da enti privati. Per di più, vi sono diverse agenzie governative statunitensi preposte alla regolamentazione delle industrie telefoniche e delle trasmissioni radio e televisive, mentre gran parte delle normative del governo riflettono il conflitto fra le esigenze della "privacy" personale e quelle della libertà di parola. Da tutto ciò consegue che il servizio postale degli Stati Uniti non ha mai avuto la libertà, della quale si è invece giovata la sua controparte britannica, per sperimentare con la posta elettronica e con le sue molte ramificazioni. In effetti, il futuro dello United States Postal Service è alquanto incerto, perché sono molte le compagnie private di una certa dimensione che potrebbero tagliarlo fuori dall'industria della posta elettronica, e probabilmente lo faranno.

Società come la American Telephone and Telegraph (AT&T), la International Telephone and Telegraph (ITT), la International Business Machines (IBM) e la Xerox Corporation stanno cercando di sperimentare ogni forma di trasmissione dell'informazione elettronica. È molto improbabile che i politici introducano per legge un regime di mono-

polio per lo United States Postal Service, il quale peraltro avrà molta difficoltà a sopravvivere senza essere protetto da un regime del genere. In definitiva, che ne sarà del lavoro dei colletti blu? Quali saranno le modifiche che verranno introdotte nelle industrie in seguito alla rivoluzione della microelettronica? Si può forse dire che quelle mansioni che possono essere definite in modo esatto, e che non richiedono per il loro svolgimento l'uso del tipico discernimento umano, verranno svolte da dispositivi creati dalla microelettronica. Se appena ciò sarà possibile, si può essere certi che avverrà. Quelle mansioni, o almeno quegli aspetti di una certa attività o di un certo lavoro che per il loro svolgimento dipendono invece interamente dal discernimento umano, non saranno rilevate invece da nessun dispositivo elettronico.

CAPITOLO 5

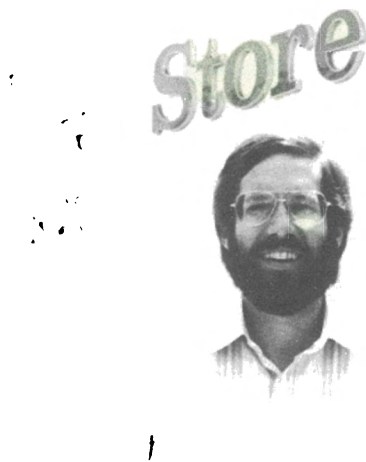
IL FUTURO DEI COLLETTI BIANCHI

La microelettronica influenzerà il lavoro dei colletti blu in svariati modi. Per quanto riguarda invece le attività di lavoro dei cosiddetti colletti bianchi, la comparsa della microelettronica sarà segnata nella maniera più solita da un computer, dal terminale di un computer, oppure da un computer travestito da macchina da ufficio. Una qualunque discussione sugli effetti che potrà avere la microelettronica nel mondo dei colletti bianchi, non può quindi prescindere da quello che sarà il futuro dei calcolatori stessi. Ci soffermeremo dunque brevemente su questo aspetto.

La IBM è stata citata in giudizio con varie motivazioni da varie ditte concorrenti e dal governo degli Stati Uniti con l'accusa di avere monopolizzato l'industria dei computer. Nel caso in cui il governo degli Stati Uniti vincesse la causa la IBM si troverebbe costretta a suddividersi in un discreto numero di società più piccole, in concorrenza fra di loro. Ma ci vorranno almeno cinque anni prima che il governo degli Stati Uniti possa sapere l'esito della causa, prima cioé che venga raggiunto un verdetto finale. Può darsi benissimo che fra cinque anni la IBM non abbia alcun motivo per essere accusata di esercitare un monopolio. Fra cinque anni infatti, la IBM non sarà più in misura significativa una società fornitrice di sistemi di computer.

Non voglio affermare con questo che fra cinque anni la IBM sarà andata in fallimento od in rovina, tutt'altro. Essa continuerà a fare grossi affari vendendo sistemi di computer

molto complessi, poiché il mercato sarà sempre in espansione per tali giganti. L'attività più importante della IBM si svolgerà però nel settore della comunicazione dei dati, in cui essa si troverà in diretta concorrenza con la ITT, la AT&T e la Xerox Corporation. La divisione prodotti dell'ufficio generale della IBM rimarrà sempre forte. Ma per quanto concerne quella che una volta era la sua attività più famosa, cioé i sistemi di computer, la IBM cesserà presto di rappresentare una potenza. Proprio mentre il governo sta portando avanti una causa contro la IBM accusandola di avere creato un monopolio, centinaia e centinaia di nuove società stanno spuntando ovunque. Tali società oggi costruiscono sistemi di computer molto piccoli, ma un domani ne produrranno di molto più grossi. Fra poco tempo la IBM si troverà ad affrontare una agguerrita concorrenza rappresentata non solo dalle sue rivali tradizionali come la Burroughs, la Univac, la Honeywell e la NCR, ma anche da nuovi arrivati come la Apple Computer Corporation, la Radio Shack, la Commodore, la Pertec, la Texas Instruments,e tutto il branco delle altre piccole società. Quando un rappresentante di computer della IBM comparirà in un ufficio e cercherà di interessare il capoufficio all'acquisto di un computer, avrà vita dura perché quel capoufficio sarà in grado di dare un'occhiata da solo a diversi sistemi di computer in un qualunque negozio che si trovi nella zona.

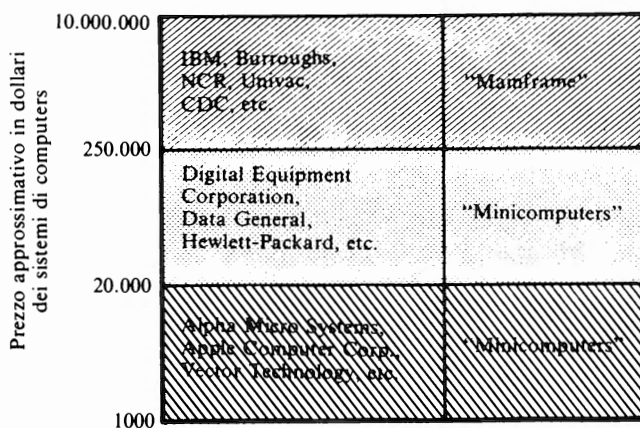
Il primo negozio di computer del mondo fu probabilmente "The Computer Store", aperto a Los Angeles da Dick Heiser nel lontano 1975. Verso la fine del 1978 vi erano circa settecento negozi di computer negli Stati Uniti soltanto, ed il loro numero sta continuamente aumentando. Tale crescita esplosiva costituisce una chiara prova della convenienza economica dei negozi di computer stessi. Di recente la Digital Equipment Corporation, la più importante società produttiva di minicomputer del mondo, ha iniziato l'esperienza dei negozi di microcomputer. Ma a parte questa timida eccezione, nessun produttore di computer già afferma-

Per gentile concessione di Dick Heiser

Dick Heiser aprì il "The Computer Store" a Los Angeles nel 1977. Il suo fu con ogni probabilità il primo negozio del genere al mondo. Tre anni dopo l'apertura del suo, altri 700 esercizi erano stati aperti in tutti gli Stati Uniti.

to, nessun distributore di componenti elettronici, e neppure nessuna organizzazione di vendita ha mai pensato ad aprire negozi. Perché questo? La risposta è che non credevano che la cosa avrebbe funzionato. Invece i negozi di computer rappresentano una soluzione economica per due semplici ragioni:
1) danno al cliente la possibilità di visionare un certo numero di sistemi diversi prima dell'acquisto;
2) eliminano i rappresentanti di vendita, i quali come è noto incidono per almeno il quaranta per cento sul costo di un sistema.

Molti professionisti e molti produttori di società affermate pensano ai sistemi di computer venduti nei negozi con una sorta di sollievo. Dopo tutto, pensano, i negozi di computer vendono piccoli sistemi primitivi a delle minuscole società, che non potrebbero permettersi niente di meglio. Ma quanto è miope questo loro modo di guardare alle cose! Prima ancora del 1990, i sistemi di microcomputer che saranno venduti dai negozi, rappresenteranno il novanta per cen-

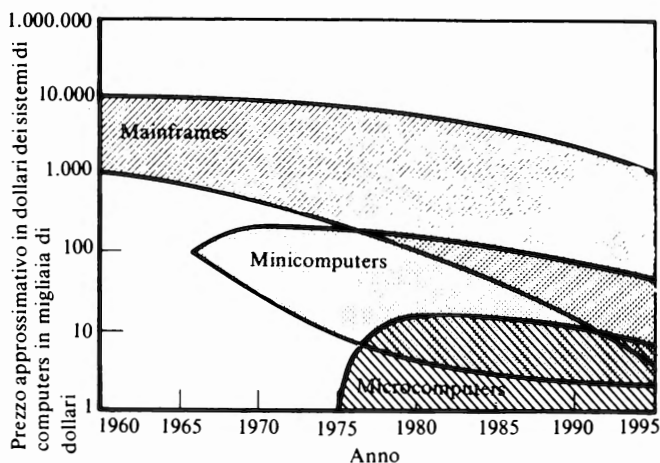
to dell'intero mercato.

Il problema principale dei professionisti è che credono troppo spesso alla loro stessa propaganda. In teoria, si può dividere l'industria dei computer in tre sezioni: quella dei computer a mainframe, quello dei minicomputer e quello dei microcomputer.

La tabella fornisce la suddivisione in tre comparti della industria dei computer. In realtà, molti prodotti appartengono ad almeno due suddivisioni contemporaneamente. I continui cambiamenti e miglioramenti dei prodotti non permettono di considerare fissa nel tempo tale classificazione.

Si suppone che queste tre sezioni dell'industria dei computer siano separate ed indipendenti fra loro. Si compra allora il mainframe più piccolo e meno costoso laddove il minicomputer più grosso e più caro non fa al caso.
E si compra il più piccolo e meno costoso minicomputer nel caso in cui il microcomputer più grosso e più caro non serva.

La maggior parte dei professionisti riconosce però che vi sono alcune sovrapposizioni ai confini delle varie sezioni. In realtà è spesso difficile dire quale tipo di sistema di computer si stia per acquistare. Nel 1969 si sarebbero sborsati $ 150.000 per un sistema di "minicomputer", paragonabile ad un prodotto da $ 20.000 del 1979, il quale però a sua volta potrebbe essere sia un sistema di "minicomputer" sia un si-

stema di "micrcomputer". Nel 1979 si può avere per $ 150.000 un sistema di "minicomputer" avente le stesse capacità e lo stesso aspetto di un "mainframe".

Nomi come "mainframe", "minicomputer" e "microcomputer" fanno presto a diventare delle semplici etichette.

La tabella mostra la suddivisione dell'industria dei computer in tre comparti sulla base del prezzo dei prodotti. Il prezzo rappresenta un parametro non affidabile, perché non sempre riflette le capacità del prodotto, in questo caso del computer.

Un prodotto che viene acquistato è un "mainframe", o un "microcomputer" o un "minicomputer" secondo l'etichetta che vi ha apposto il produttore. Si dovrebbe guardare al cartellino dei prezzi per vedere come vanno le cose nell'industria. Ma anche i cartellini dei prezzi non sempre danno l'idea giusta del prodotto, perché non sempre il prezzo ha una relazione diretta con le prestazioni del prodotto.

Nell'acquisto di un sistema di computer non bisogna assumere che spendendo una certa somma si venga in possesso di un prodotto dotato di una capacità di calcolo doppia di quella di un altro prodotto che costi la metà, o che con la metà del prezzo indicato per un prodotto si possa avere la metà di un altro computer. Così nel 1980, mentre vi sarà sempre una sostanziale differenza di prezzo fra i sistemi di

computer a mainframe meno costosi ed i sistemi a "microcomputer" più costosi, è però probabile che le loro prestazioni risultino paragonabili. L'elettronica necessaria per rendere i "microcomputer" altrettanto potenti dei mainframe già esiste. Nel 1990 vi sarà ben poca differenza, salvo che nel prezzo, fra i prodotti che oggi vengono venduti rispettivamente come "mainframe", "minicomputer" e "microcomputer". Questa è la ragione per la quale, restando immutate delle notevoli differenze di prezzo, il novanta per cento di tutti i sistemi di computer venduti sarà costituito molto probabilmente da sistemi di "microcomputer" o dai loro equivalenti. E quasi sicuramente tali articoli verranno venduti presso i negozi. Il restante dieci per cento sarà rappresentato dai sistemi "mainframe" più grossi, più potenti e più costosi, i quali serviranno per un numero considerevole di applicazioni specializzate. Diamo qui tre esempi di applicazioni per le quali solo un "mainframe" andrebbe bene:

1) calcoli complicati connessi alle previsioni del tempo ed all'analisi di dati geologici;
2) controllo di grosse banche di dati;
3) elaborazione dei dati da parte di agenzie governative federali e dei singolo stati (come ad esempio la Social Security Administration).

Ma anche quella piccola parte residua di mercato che sarà rimasta per i grossi computer sarà dominata da nuove società. La Cray Research Inc. e la Amdahl Corporation hanno le migliori possibilità di dominare questa piccola fetta di mercato.

A prima vista può sembrare che la rivoluzione apportata dai computer abbia creato un numero enorme di posti di lavoro, e ciò è in parte vero. Centinaia di nuove piccole aziende produttrici hanno rappresentato uno sbocco enorme per un gran numero di ingegneri elettronici e scienziati dei computer. Nei prossimi venticinque anni, la richiesta di ingegneri elettronici subirà addirittura un aumento. Il futu-

ro però non sembra così roseo per i programmatori di computer.

Dei burloni si divertono a dire che a questo mondo tutti dovranno diventare dei programmatori per poter far funzionare i computer che si prevede saranno venduti. Ma può darsi che fra venticinque anni non vi sia praticamente più alcun bisogno di programmatori. E che il numero dei programmatori che saranno eliminati sarà molto superiore al numero degli ingegneri che prevedibilmente saranno richiesti sul mercato.

Per capire le cause della futura eliminazione della mansione del programmatore, dobbiamo considerare la maniera in cui un computer viene istruito a compiere una certa funzione.

Il compito di un computer viene definito dal suo utente. Costui però quasi mai ha la più pallida idea di come funzioni un computer. Supponiamo ad esempio che qualcuno voglia che un computer si occupi dei pagamenti di una società. Il supervisore della società od il ragioniere capo definirà esattamente come i dati relativi alle paghe devono essere raccolti e come devono essere scritti le ricevute e gli assegni. Facile prevedere che sia il supervisore che il ragioniere capo avranno difficoltà a far sì che il computer capisca la loro definzione del problema, e questo succederà perché essi non sanno parlare al computer.

Consideriamo invece l'analista dei sistemi ed il programmatore. L'analista è uno dei gran sacerdoti che circondano un computer, e che si danno da fare perché nessuno all'infuori di loro, casta sacerdotale eletta, capisca qualcosa. Il programmatore occupa invece un ruolo inferiore in tale gerarchia ecclesiastica. La differenza fra i due è data dal fatto che un analista di sistemi capisce come funzionano i sistemi di computer, mentre invece un programmatore capisce soltanto un linguaggio di calcolatore.

Così un analista di sistemi che si occupi di un certo problema, forse non sarà in grado di capirlo a fondo, ma sarà

capace di metterlo in una forma tale da poter sfruttare al massimo le capacità di un calcolatore. Il programmatore subentra poi a tradurre il progetto dell'analista di sistemi in una serie incomprensibile di istruzioni date al computer.

Questo sacro rituale presenta due problemi:

1) Il programma escogitato dal programmatore contiene in genere parecchi errori dei quali nessuno si può accorgere all'infuori del programmatore stesso, perché è solo lui a dare un'occhiata al programma.
2) Il programma fornisce il risultato che l'analista dei sistemi pensa sia quello richiesto, anche se poi la richiesta originaria era ben diversa da quella che l'analista di sistemi pensava che fosse.

Insomma abbiamo qui una ulteriore riprova delle limitazioni inerenti ai rapporti fra esseri umani. Uno può aspettare con angoscia per un paio di anni che un computer faccia qualcosa per lui, mentre invece il computer o non fa nulla o fa tutto meno quello che gli è stato richiesto. E i tre mesi in cui magari si pensava di risolvere il tutto diventano anni ed anni.

Il problema principale è il seguente: le qualità che fanno un perfetto analista di sistemi o un perfetto programmatore di computer sono una estrema accuratezza e precisione, la capacità di avere sempre ben chiaro nella mente il problema che si deve risolvere, la capacità di non dormire mai, di lavorare con la velocità di un fulmine, e di svolgere un lavoro con assoluta precisione. Se conoscete qualcuno che assommi in sé tutte queste virtù, non avete che da raccomandarlo ad un qualunque datore di lavoro, il quale sarà ben lieto della vostra segnalazione.

Le caratteristiche di cui sopra sono peraltro quelle tipiche di un computer. Perché non fare in modo allora che sia il computer a scrivere il suo programma?

Si tratta esattamente di quello che alcune società stanno cercando di fare. Alcuni produttori stanno progettando dei computer che si programmano da soli, dei computer che

uno programmerebbe in inglese ad esempio, od in qualsiasi altra lingua. Nessuno è ancora veramente in grado di produrre dei computer che si programmino da soli, tuttavia vi sono quattro società che hanno fatto dei piccoli passi nella direzione giusta: si tratta della Logical Machine Corporation (conosciuta anche come LOMAC), della sussidiaria Diablo della Xerox Corporation, della Qantel Corporation e della Microdata Systems.

Chiunque cerchi di costruire un computer che si programmi da sé deve affrontare certamente dei problemi di una complessità spaventosa, che i produttori non hanno avuto il tempo né l'esperienza per risolvere in passato, non disponendo neppure dell'elettronica a basso costo sufficiente per una impresa del genere. Tuttavia tali problemi sono risolvibili, e per quanto concerne i computer addetti alla elaborazione dei dati saranno certamente risolti.

Dei computer di uso scientifico ed ingegneristico che si programmino da sé potrebbero benissimo essere progettati, ma può darsi il caso che i produttori non ritengano che ne valga la pena. Le applicazioni in campo scientifico ed ingegneristico sono ormai troppo diversificate, ed ormai sia gli scienziati sia gli ingegneri hanno imparato a scriversi i programmi da soli. Un computer per la elaborazione di dati che si programmi veramente da sé dovrà mettere l'utente in grado di definire il suo problema scrivendo su uno schermo l'informazione da inserire, inoltre si dovranno far comparire sullo schermo tutte le registrazioni, i controlli ed ogni altro genere di informazioni che si vuole restituita. Il computer porrà a sua volta delle domande, sempre per il tramite dello schermo, e l'utente dovrà rispondere usando della tastiera fino al punto in cui venga eliminata ogni possibile ambiguità nella definzione del problema. Il computer passerà poi a formulare il suo programma, tenendo ovviamente presenti i termini del problema che l'utente avrà esplicitamente definito. Computer del genere, capaci cioé di autoprogram-

marsi saranno probabilmente disponibili entro i prossimi dieci anni. Quando si sarà verificato ciò non si avrà più bisogno di programmatori.

La professione del programmatore si articolerà allora in tre piccole suddivisioni:

1) vi saranno gli analisti di sistemi ed i programmatori addetti alla progettazione ed alla costruzione dei computer che si programmano da sé;
2) vi sarà l'utenza generica di chi si servirà dei computer per scopi scientifici od ingegneristici;
3) ed infine vi saranno gli addetti al controllo delle operazioni nelle grosse società.

Passiamo a discutere di ciascuna di queste tre categorie di mansioni.

Per trasformare un computer ordinario in un computer che si programmi da sé è necessario un programma molto vasto e complesso. Di conseguenza, è pensabile che le società che puntino alla produzione di computer che si programmino da sé dovranno assumere nel futuro un certo numero (non molto elevato peraltro) di analisti di sistemi e di programmatori con il compito appunto di determinare le caratteristiche di un computer che si autoprogrammi.

Gli scienziati e gli ingegneri continueranno peraltro a progettare computer per usi generali più o meno come nel passato. Gli ingegneri useranno anche i computer come componenti elettronici. Per esempio, chi costruisce robot, vi inserirà dei computer, senza che si possa dire guardando ad un robot che esso contiene un computer. Per prodotti come i robot, il computer è semplicemente un "chip" elettronico, che un ingegnere ha studiato su misura per la sua specifica applicazione scrivendo un opportuno programma. La maggior parte degli scienziati e degli ingegneri sono in grado di scrivere i loro programmi e raramente si servono dell'aiuto dei programmatori, per cui non vi sarà molto spazio nel futuro per i programmatori nell'ambito delle attività svolte appunto da scienziati ed ingegneri.

Una grossa società non può però comprare semplicemente centinaia di piccoli computer che si programmino da sé, metterli a disposizione di chiunque ne abbia bisogno, lasciare che ognuno faccia quello che vuole, e poi aspettarsi che qualcosa di coerente salti fuori da una simile confusione. Nel momento in cui una società ha due o più computer a sua disposizione, è necessario che vi sia qualcuno che stia attento alla maniera in cui questi computer lavorano insieme. Questo compito viene svolto dagli analisti di sistemi, i quali pertanto non vedranno minacciata la loro professione.

Creare un computer che si programmi da sé rappresenta una impresa concettualmente analoga, ma molto più semplice di quella di costruire un computer capace di "pensare", di cui abbiamo discusso nel Capitolo 3. In entrambi i casi infatti viene interposta una intelligenza fra l'utente essere umano e la logica elettronica elementare del computer. Ciò permette all'utente di definire un problema mediante la descrizione dell'informazione da utilizzare e dei risultati che ci si aspetta di trovare, il che è certamente molto di più che non descrivere esplicitamente un problema, come abbiamo visto fare nell'esempio dell'addizione appunto nel capitolo 3. Un computer che si programmi da sé è però ben lontano dall'essere un computer "pensante". Esso infatti potrà benissimo essere programmato in maniera tale da apparire dotato di intelligenza; in realtà non sarà mai in grado di inventare delle soluzioni nuove. Un computer che si programmi da sé fallirà nei suoi compiti qualora ricevesse dell'informazione per trattare la quale non fosse stato esplicitamente programmato.

Quanto è stato fin qui detto può forse bastare per dare un'idea dell'impatto che lo sviluppo dei computer avrà nel mondo dei professionisti. Passiamo ora a considerare quello che potrà succedere in un qualunque ufficio.

Non è necessario essere degli esperti in microelettronica, e neanche dei veggenti, per prevedere i cambiamenti che i computer porteranno in un ufficio. Non importa se una so-

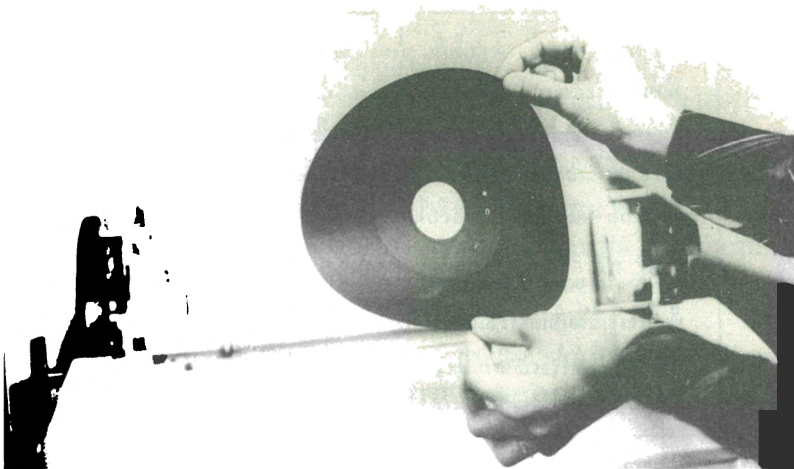
cietà produce maschere per lo smog o salsicce, se fornisce consulenze o vende contenitori di petrolio: in ultima analisi le operazioni di una società ruotano attorni ad un gruppo di persone che lavorano in uffici simili, hanno in dotazione macchine per ufficio analoghe fra loro, per svolgere delle mansioni abbastanza standardizzate.

Nello svolgimento delle loro attività gli uffici di una società creano dell'informazione, immagazzinano dell'informazione, ed estraggono dell'informazione. In aggiunta controllano i movimenti di denaro, di quello che viene incassato e di quello che viene speso.

Guardiamo un po' ai cambiamenti che nei prossimi venticinque anni vi saranno nello svolgersi delle attività di un ufficio.

Al giorno d'oggi la maggior parte dell'informazione è creata dalle segretarie, con le loro macchine da scrivere. Le segretarie oggi non usano più trascrivere messaggi stenografati; preferiscono trascrivere dietro dettatura di un nastro registratore, il che è molto più efficiente. Un piccolo problema che si presenta nelle trascrizioni dattiloscritte è connesso al fatto che una dattilografa spesso sbaglia. Un problema più grosso è presentato invece da una eventuale alterazione del testo da parte della dattilografa. Entrambi questi problemi stanno trovando una rapida soluzione grazie ai sistemi di word processing, che iniziarono a spuntare sul mercato una decina di anni fa ed ora sono in piena fioritura.

I sistemi di word processing immagazzinano solitamente una grossa quantità di testo in "floppy disk". Questi oggetti sembrano dischi da 45 giri, e sono permanentemente racchiusi in astucci di cartone. La registrazione è effettuata su una platica sottile ricoperta dello stesso tipo di superficie magnetica che si trova su un nastro di una cassetta. Si può immagazzinare fino ad un milione di caratteri di informazione in un singolo "floppy disk".

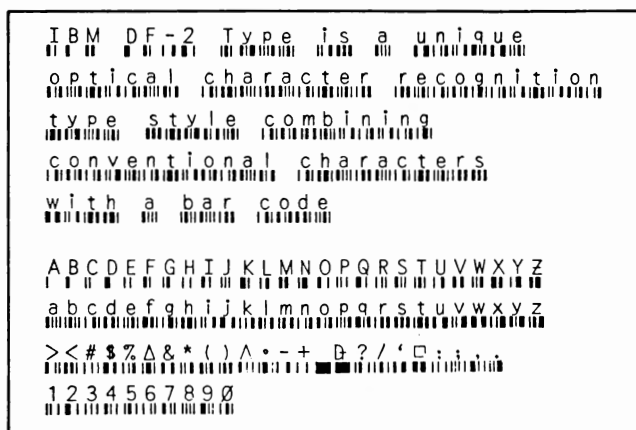
Con il sistema di word processing, il testo viene presentato su di uno schermo, in modo che sia possibile fare delle

I "floppy disk" assomigliano a dischi per vecchi fonografi. Vi viene immagazzinata dell'informazione. Sono soffici e si piegano facilmente.

aggiunte, delle cancellature, inserire o modificare dei pezzi, spostarli e dare una forma diversa al testo prima che venga stampato su carta.

Vi sono oggi sul mercato alcuni sistemi word processing di notevole praticità, e sono prodotti da società come la Lexitron, la Vydec, la Lanier, la Wang Laboratories e la Xerox. Naturalmente la progettazione di tali macchine continuerà a subire miglioramenti, in maniera che il loro impiego in un ufficio diventi sempre più pratico; molte di esse già ora sono molto ben progettate ed anche di uso molto pratico. Ma sono anche vendute ad un prezzo piuttosto alto. Un sistema di word processing completo di schermo, tastiera, stampante e memoria di un milione di caratteri verrà a costare nel 1980 una cifra compresa fra gli 8.000 $ ed i 20.000 $. Entro dieci anni sistemi equivalenti saranno disponibili per prezzi compresi fra 300 $ e 1.000 $, più o meno il prezzo di una buona macchina da scrivere elettrica.

E una segretaria che disponga di un buon sistema per word processing sarà in grado di svolgere il lavoro di due o tre segretarie odierne che dispongono delle usuali macchine elettriche.

IBM DF-2 Type is a unique
optical character recognition
type style combining
conventional characters
with a bar code

A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z
a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v w x y z
> < # $ % Δ & * ( ) ∧ • - + ⊡ ? / ' □ ; : , .
1 2 3 4 5 6 7 8 9 Ø

Le macchine per la lettura elettronica fanno impiego di un particolare insieme di caratteri, ideato apposta per facilitare il riconoscimento ottico dei caratteri.

Una gran quantità di informazione che viene dattiloscritta proviene da un testo che a sua volta è dattiloscritto o stampato. Sono già disponibili sul mercato delle macchine elettroniche capaci di leggere, le quali se sono affidabili, allora sono costose, se invece costano poco, allora non sono affidabili. Le macchine elettroniche che leggono richiedono che il testo venga scritto o stampato mediante uno speciale insieme di caratteri, che rende il testo più leggibile da parte dell'elettronica della macchina, ma allo stesso tempo lo rende meno comprensibile per degli esseri umani.

Assisteremo nel futuro a drammatici progressi nel settore delle macchine che leggono. Entro cinque anni, costeranno meno di 500 $ e saranno in grado di leggere praticamente qualunque testo stampato o dattilografato. Il tipo più perfezionato di macchina elettronica di questo genere sarà ovviamente quella capace di scrivere dietro dettatura, grazie alle capacità elettroniche di ascolto. Come abbiamo accennato nel capitolo 4, i Bell Laboratories hanno già sviluppato dell'elettronica a basso prezzo capace di "sentire", anche tenendo conto della diversità degli accenti. Tale elettronica diventerà a buon mercato e disponibile commercialmente nel

giro di cinque anni, dopo di che sarà possibile combinare l'apparecchiatura per la trascrizione a macchina con quella della dettatura. Si potrà essere in grado di dettare un testo ed avere subito dalla macchina la sua trascrizione dattiloscritta. Naturalmente, il passo avanti successivo sarà rappresentato dalla combinazione dell'apparecchiatura per la dettatura con un sistema di elaborazione della parola, in maniera che vengano individuati gli inevitabili errori dovuti alla difettosa comprensione di certe parole.

Un sistema di word processing che sia in grado di trascrivere automaticamente dietro dettatura porterà ovviamente ad una notevole diminuzione del numero dei dattilografi, o delle dattilografe di un qualunque ufficio. Spingerà anche i professionisti ad usare tali macchine, portando così alla completa eliminazione della figura del (o della) dattiligrafa.

Anche la tecnologia della riproduzione sta muovendo rapidi passi in avanti. Nella riproduzione in bianco e nero un lavoro pionieristico è stato fatto a suo tempo dalla Xerox Corporation: oggi una macchina fotocopiatrice è uno strumento comune in qualunque ufficio. Sono disponibili al giorno d'oggi anche fotocopiatrici a colori, ma ad un prezzo molto elevato. Vi è da prevedere che non rimarranno a caro prezzo per un tempo molto lungo.

Nel giro dei prossimi cinque anni le macchine fotocompositrici diventeranno altrettanto poco costose di una qualunque fotocopiatrice, e la copiatrice di un ufficio diventerà altrettanto efficiente ed economica di una qualunque stampante. Abbiamo già assistito alla proliferazione di piccoli uffici per la stampa offset, come ad esempio la catena nazionale Postal Instant Press. Fra poco anche gli uffici più piccoli avranno a disposizione una stampante, perché la macchina svolgerà il lavoro di stampa e di copiatura, e servirà anche come una stampante di sistemi di computer.

Quando sarà venuto il momento buono, ci si accorgerà che l'avvento della microelettronica non avrà poi delle con-

seguenze drammatiche per gli uffici. Saranno necessarie meno segretarie, ma ne scarseggeranno comunque. Come pure serviranno meno impiegati addetti agli schedari, mentre sarà eliminata la manodopera addetta alle mansioni di più basso livello.

Per i lavori tipici di un ufficio vi saranno maggiori esigenze in termini di professionalità e di livello culturale, ma si può ritenere che in totale il numero dei posti rimarrà invariato.

È possibile che le variazioni più interessanti nelle pratiche di un ufficio si avranno nel modo di immagazzinare e di reperire l'informazione. Particolarmente interessante è il fatto che l'elettronica metta a disposizione delle possibilità che potrebbero essere sfruttate anche in maniera non prudente. Si può immagazzinare qualunque informazione in una memoria di computer, da un semplice testo ad una fotografia a colori.

Entro quattro anni un qualunque computer da ufficio di basso costo potrà immagazzinare la copia di un dipinto di Rembrandt o una semplice lettera di affari, riproducendole entrambe a richiesta in bianco e nero oppure a colori. In altri termini la memoria di un computer da ufficio sarà capace di ritenere praticamente tutto quanto può essere messo su carta: lettere, libri, tabelle di numeri, disegni di progetti o riproduzioni d'arte. Ogni scrivania disporrà del suo computer, con tastiera o schermo di controllo, e per mezzo di un indice opportuno, si potrà rintracciare qualunque cosa sia negli schedari.

Si potrà facilmente rintracciare una lettera di normale corrispondenza, o tutta intera la corrispondenza relativa ad un certo progetto, o tutti i quadri dipinti nel periodo fra il 1940 ed il 1955.

L'informazione che sarà così disponibile supererà di molto quella che può essere immagazzinata nel computer di un qualunque ufficio. Infatti una delle industrie con il più elevato potenziale di sviluppo è proprio l'industria dell'in-

formazione. Esistono già molte società il cui lavoro principale consiste nel mantenere banche di dati per computer. (Una banca di dati contiene una grande quantità di informazione, che viene immagazzinata in maniera leggibile da parte di un computer, con indici appropriati che un computer impiega per rintracciare il materiale che viene richiesto e identificarlo in base all'argomento). Ad esempio, la banca dati di un avvocato conterrà una vasta casistica legale. I computer possono compiere delle ricerche in tale banca di dati, selezionando i casi più interessanti ed utili ai fini della causa alla quale sta lavorando l'avvocato. Dottori, avvocati, insegnanti e professionisti di vario genere costituiranno la clientela più entusiasta e generosa per tutte quelle società che mantengono delle banche di dati. E viceversa, chi lavora in un qualunque ufficio potrà nel futuro ottenere informazioni in qualunque campo in brevissimo tempo grazie ai terminali posti nell'ufficio stesso.

Chi lavora in un ufficio potrà essere sempre in grado di scrivere dei rapporti, che potranno essere sia una semplice compilazione di dati ricavati dalla banca di dati di un computer, oppure una complessa analisi finanziaria. Entro i prossimi venticinque anni i programmatori saranno eliminati e ciascuno dovrà programmare i suoi programmi. Senza che si interponga il filtro della classe sacerdotale dei programmatori fra l'utente e la base di dati, le possibilità di disporre dell'informazione e di avere rapporti compilati elettronicamente sarà in pratica illimitata.

Consideriamo più da vicino gli effetti del mantenimento di banche di dati sulla professione legale, su quella del medico, e su quella degli insegnanti.

La rivoluzione apportata dalla microelettronica sta già cambiando molte cose nei procedimenti legali. Servizi forniti da computer, come quelli assicurati dalla Westlaw, hanno dato accesso ad una enorme quantità di informazioni legali ad un numero enorme di avvocati, i quali in passato non avrebbero certo potuto permettersi di spendere le somme

proibitive che erano richieste.

Questo tipo di attività avrà sempre più ampi sviluppi e si raggiungerà il punto in cui i computer forniranno agli avvocati tutta l'informazione necessaria per preparare una causa. Ciò potrebbe rappresentare una minaccia per coloro che svolgono le mansioni degli assistenti legali, ma per gli avvocati i vantaggi dei nuovi sistemi saranno notevoli. Degli esseri umani dovranno pur sempre raccogliere l'informazione che i computer hanno fornito e farne il miglior uso al fine di sostenere una certa causa in tutti i suoi aspetti. I computer non saranno mai in grado di sostituire gli esseri umani nella disputa di una causa o nella formulazione di un giudizio, almeno nel futuro più vicino, e le ragioni di questo fatto sono le stesse che abbiamo discusso nel capitolo 3 relativamente alla possibilità dei computer di svolgere le funzioni tipiche dell'intelligenza umana. Le leggi non sono mai formulate in maniera così chiara e definitiva che un computer possa essere messo in grado di decidere una causa in un senso o nell'altro sulla base di tutti i suoi aspetti.

Il fatto stesso che una disputa venga portata nelle aule di un tribunale, sta a significare che vi sono diverse interpretazioni di una stessa legge. Delle risoluzioni in un senso o nell'altro richiedono ovviamente l'intervento della capacità umana di giudicare le cose, capacità che i computer non hanno, come sappiamo.

Se le dispute legali potessero essere risolte in maniera definitiva, in base a dei criteri assoluti di ciò che è giusto e di ciò che è sbagliato, allora i computer sarebbero in grado di sostituirsi ai giudici. Ma se le cose stessero così, allora non vi sarebbe più neanche adito all'insorgere di una disputa legale.

L'uso sempre più diffuso dei computer nell'ambito della professione legale potrebbe spingere i vari studi legali ad unificarsi in una sorta di confederazione nazionale. Una volta che si abbia a disposizione un servizio postale elettronico, così come il telefono ed una banca dati, comunicare con un

collega che si trovi dall'altra parte del paese risulterà altrettanto facile quanto avere a che fare con il vicino dell'ufficio accanto. Ne consegue che lo sviluppo della microelettronica avrà notevoli conseguenze sulla strutturazione del lavoro negli studi legali e sul modo di lavorare degli avvocati, in ogni caso tali conseguenze non saranno tali da intaccare la posizione occupata dagli avvocati nella nostra società.

Delle conseguenze maggiori, e forse più severe, sono prevedibili invece per la professione medica. I dottori impiegano molto del loro tempo a capire i sintomi manifestati da un paziente, a ponderare i risultati delle prove diagnostiche, e poi a cercare di risolvere il problema consistente nell'individuare la causa più probabile dei sintomi manifestati. Dopo aver risolto questo problema, quello cioé della causa più probabile dei sintomi, devono poi pensare al rimedio migliore.

Un computer può senz'altro essere più accurato di un essere umano nel cercare di selezionare le cause possibili di certi sintomi e nell'indicare la cura più adatta una volta che si sia individuata una certa causa. Questo succede perché un computer può passare in rassegna tutti i dati raccolti in una certa banca di dati, prendendo in considerazione tutte le più o meno remote possibilità senza omettere nulla e tenendo conto dei più recenti sviluppi della ricerca. In modo analogo, un computer non trascurerà di considerare alcun rimedio possibile nel selezionare quello che può essere il farmaco più adatto.

I medici già si avvalgono di computer come aiuto nella diagnostica e nella selezione dei farmaci. Vi sarà un enorme aumento dell'impiego dei computer in tale direzione. Per ciascun paziente il dottore fornirà al computer i dati relativi ai sintomi ed ai risultati delle analisi mediche compiute e riceverà come risposta una lista contenente le diagnosi più probabili con i relativi trattamenti di cura. Il dottore poi dovrà fare uso delle sue capacità individuali di giudizio per scegliere quella che a suo parere è la diagnosi esatta, con le rela-

tive cure.

Si dà però il caso che i computer creino più problemi per la professione medica di quanti ne risolvano.

Infatti fra i professionisti della medicina, come in un qualunque altro gruppo di professionisti, vi sono parecchi individui che non riescono a mantenersi aggiornati. Tali individui sono particolarmente pericolosi nel caso della professione medica, perché le loro manchevolezze possono facilmente sfuggire ad un controllo. Nella maggior parte delle altre professioni, le persone lavorano in gruppo, in base ad un giudizio generale del gruppo vengono identificate le persone particolarmente incompetenti, le quali poi vengono isolate o messe in condizione di non poter nuocere. Un dottore incompetente può però lavorare in maniera tale da avere a che fare soltanto con pazienti che non sono in grado di giudicare le sue prestazioni. Sarà possibile che il futuro sviluppo delle banche di dati di tipo medico porti ad un peggioramento del livello di competenza dei medici, così come i calcolatori elettronici hanno già contribuito ad abbassare in generale la capacità di compiere operazioni aritmetiche a mente. È questo un problema che la professione medica dovrà prendere molto sul serio, date le profonde implicazioni legali e morali.

Vi è poi il problema degli abusi. Infatti un computer servirà sempre qualunque padrone con eguale sollecitudine. Con l'aumento della potenza e delle capacità di un computer, aumentano anche le possibilità di abusi. Saremmo tutti contenti se i dati medici forniti da un computer aiuteranno un medico competente a formulare presto senza tanti tentennamenti una diagnosi esatta od una appropriata indicazione di cure. Ma avremmo tutti sicuramente paura della facilità con cui del personale non addestrato potrà avere accesso allo stesso tipo di informazione. Cosa si può fare per arrestare l'uso indiscriminato delle banche di dati da parte di medici scarsamente qualificati? E che dire della massa proliferante di ciarlatani ed individui strani che prosperano ai margini

della professione medica prestando servizi di dubbia utilità, quando non addirittura al di fuori della legalità? Una banca di dati medici offrirà un pronto aiuto sia ad un ciarlatano sia ad un dottore competente.

Qualunque impiego di un computer implica infatti una possibilità di abuso. Quelli di cui ci dobbiamo più preoccupare sono gli abusi dei computer nel settore medico perché vi sono troppi ciarlatani incompetenti in circolazione, mentre la salute e la malattia sono cose troppo importanti per essere trattate con disinvoltura.

I computer e la microelettronica hanno rivoluzionato gli ospedali (e qualche maligno aggiungerà che hanno anche contribuito all'alto costo delle cure ospedaliere). La microelettronica si è affermata praticamente in ogni settore della strumentazione medica, dagli scanner di tessuti tridimensionali, di costo elevato, fino ai termometri e agli strumenti meno costosi. I computer vengono usati come "monitor" per pazienti, e per fornire alle infermiere le informazioni che vanno raccogliendo nei loro giri. Non dobbiamo certo spiegare a medici ed infermiere in che consiste la rivoluzione della microelettronica, in quanto ne sanno senz'altro più di noi.

L'impatto della rivoluzione microelettronica nel campo educativo mi sembra invece un po' enigmatico. La rivoluzione della microelettronica procurerà certamente nuove e tremende responsabilità agli educatori, che dovranno affrontare continuamente notevoli sforzi per restare aggiornati. Saranno in grado i computer e la microelettronica di aiutare a risolvere i problemi che avranno contribuito a creare?

Programmi di istruzione basati sull'uso dei computer ne sono stati fatti parecchi ormai da diverso tempo; quello che si può dire è che in nessun settore come in quello dell'istruzione l'impiego dei computer, pur così ricco di potenzia-

lità, ha dato risultati così scarsi. In effetti, "Sesame Street", il famoso programma televisivo americano di istruzione pre-scolastica, rappresenta forse l'esempio più efficace di impiego dell'elettronica nell'educazione, che si sia finora visto.

PLATO è il nome di una banca dati di tipo educativo, che è stata prodotta dalla Control Data Corporation, una società pionieristica un questo settore. Si tratta senza alcun dubbio di una cosa molto bella e di enormi possibilità, la quale però ha avuto un impatto pressoché insignificante a livello educativo. Ciò è probabilmente dovuto al costo molto alto sia dello speciale terminale necessario per avere accesso a PLATO, sia del successivo tempo di impiego del computer. Ma la barriera rappresentata dall'alto costo crollerà certamente sotto l'urto della rivoluzione microelettronica. Se diventasse possibile avere accesso a PLATO per mezzo di un qualunque schermo televisivo casalingo, oppure di un terminale di costo relativamente basso, e se il prezzo dell'impiego di un computer diventasse praticamente simbolico, allora si avrebbero delle profonde ripercussioni nell'impiego di PLATO nel settore dell'istruzione.

Ci possiamo benissimo aspettare tutta una serie di importanti cambiamenti nei sistemi educativi nei prossimi venticinque anni, come pure dei cambiamenti negli strumenti disponibili per cambiare tali sistemi.

Si consideri dapprima un particolare problema che dobbiamo risolvere nel settore dell'istruzione. Nel mondo vi è sempre stata, e sempre vi sarà, una notevole disuniformità della distribuzione di insegnanti qualificati. Nelle nazioni sviluppate industrialmente, il numero degli insegnanti qualificati è senza dubbio in eccesso rispetto alle esigenze della società. Nei paesi del Terzo Mondo vi è invece una notevole scarsità di insegnanti qualificati. Vi è poi anche una notevole differenza fra i compiti che gli insegnanti e gli educatori sono chiamati a svolgere. Nelle nazioni meno sviluppate del mondo, ogni sforzo deve ancora essere diretto all'obiettivo sem-

pre sfuggente di dare a tutti una educazione di base. All'altro estremo, le nazioni industrializzate dovranno affrontare a loro volta dei problemi nuovi, come la riqualificazione dei lavoratori, le cui precedenti mansioni siano state eliminate dall'automazione, ed il continuo aggiornamento di quei lavoratori le cui funzioni subiranno continui cambiamenti.

Nelle parti sottosviluppate del mondo, dove praticamente non vi sono insegnanti disponibili, ci si sarebbe aspettato che l'istruzione elettronica avrebbe rappresentato pur sempre qualcosa in confronto al niente disponibile. Eppure non è stato così. Nel passato abbiamo avuto la radio e la televisione, anzi abbiamo la prima ormai da sessant'anni, e la seconda forse da quaranta; né l'una né l'altra hanno però svolto finora quel ruolo di primo piano nel settore educativo che molti si sarebbero aspettati particolarmente nei paesi sottosviluppati. I mezzi radio e televisivi sono stati impiegati largamente, ma come sussidi dell'istruzione, e non si è mai giunti a sostituire l'insegnamento diretto dal vivo in maniera completa. Quello che la rivoluzione microelettronica porterà nel futuro per la prima voltà sarà proprio un insegnamento di tipo diretto e personale con cui il mezzo televisivo sostituirà l'insegnante.

E come si verificherà una cosa del genere? Si verificherà dando modo agli studenti, per la prima volta, di apprendere coi loro ritmi personali.

Un programma che venga trasmesso dalla radio o dalla televisione deve essere seguito nel momento in cui viene messo in onda. Se nel corso della trasmissione si perde troppo tempo su di un argomento, oppure viceversa si trattano troppe cose in un tempo troppo breve, lo studente non ha alcuna possibilità di intervento. Messi di fronte ad uno stesso programma, si può stare certi che alcuni studenti reagiranno in modo diverso: alcuni troveranno che ci si è soffermati troppo su certi argomenti, altri troveranno che agli stessi argomenti è stato dato troppo poco spazio. Quel che più conta è però che gli studenti saranno obbligati a basarsi unicamen-

te sulla propria memoria se vorranno ricavare qualche vantaggio dalla lezione avuta. In futuro, programmi educativi televisivi verranno trasmessi negli angoli più remoti del mondo, venendo registrati in sede locale su cassette o dischi video. Questi ultimi articoli sono già in vendita come accessori degli apparecchi televisivi domestici.

Grazie ad essi è possibile registrare dei programmi televisivi anche molto lunghi e ritrasmetterli poi sullo schermo parzialmente o totalmente. Le cassette video ed i videodischi permetteranno dunque agli studenti di scegliere l'argomento che vorranno studiare, tralasciando quelle parti che già sanno, per approfondire quelle parti che ancora non conoscono.

Vi è inoltre da notare che una registrazione è permanente, per cui gli studenti possono usarla ogni volta che vogliono, anche a distanza di tempo.

La rivoluzione elettronica potrà fare in modo che fra studenti e insegnante venga stabilita una comunicazione diretta anche se gli uni e l'altro si trovano in continenti diversi. Con i sistemi di comunicazione a micro-onde verranno rese possibili conversazioni fra studenti e insegnante. Questi potranno allora formulare delle domande, per ricevere immediatamente una risposta.

Il sistema PLATO della Control Data Corporation, se potesse essere distribuito nelle varie parti del mondo ad un prezzo non eccessivo, potrebbe fare molto di più, ai fini dell'elevamento del livello di istruzione nei paesi sottosviluppati, di un qualunque altro piano o di qualunque altro programma.

All'infuori delle possibilità del PLATO di cui abbiamo parlato, non sembra però che la rivoluzione microelettronica sia in grado di esercitare una influenza significativa nei metodi generali dell'istruzione nei paesi industrializzati. Quello che è certo è che i programmi delle scuole medie superiori dovranno fare sempre più spazio alle materie di tipo tecnico, e che vi sarà un largo impiego di calcolatori nella

Per gentile concessione della Radio Shack, divisione della Tandy Corporation

Un computer domestico. Nel futuro intere reti di terminali si estenderanno dagli uffici alle singole abitazioni. Ciò provocherà in gran parte l'eliminazione delle mansioni tipiche dei "colletti bianchi".

scuola come ausili nell'insegnamento e nell'apprendimento; nulla fa pensare che la microelettronica porti a radicali mutamenti nei metodi di insegnamento. I computer ormai da tempo vengono impiegati nello studio delle lingue, della matematica e naturalmente nei corsi di programmazione. Ci si può aspettare che nel futuro i computer vengano maggiormente usati come enciclopedie, o come mezzi per provare le conoscenze degli studenti in un numero svariato di campi.

Nel futuro grazie ai computer sarà possibile anche allargare il numero delle materie che possono essere insegnate. Di fatto, anche nelle nazioni più industrializzate, vi può essere qualche settore manchevole di insegnanti qualificati. All'università di Standford ad esempio vengono insegnate per mezzo dei computer alcune lingue particolarmente sconosciute.

Uno studente può imparare un dialetto armeno anche se risulta del tutto sconosciuto ai suoi insegnanti.

Vi è però un altro problema nella soluzione del quale i computer potranno dare un grande aiuto. Si tratta dell'insegnamento delle materie di alto contenuto tecnologico, per le quali come è noto scarseggiano gli insegnanti. Ciò è facilmente comprensibile, perché chiunque abbia delle conoscenze tecnologiche di un certo livello, preferirà sempre trovare un impiego nell'industria piuttosto che nell'insegnamento, data la differenza tra gli stipendi che vengono percepiti nell'uno e nell'altro settore. Una soluzione del problema della mancanza di insegnanti qualificati di elettronica potrà essere data dal PLATO, o da altri corsi ben organizzati, basati sull'impiego di video cassette.

Per quanto riguarda infine il problema dell'aggiornamento, è chiaro che vi sarà sempre un maggior bisogno nel futuro di insegnanti, in particolare di insegnanti a livello universitario, in quanto viviamo in una società in cui ciascun professionista è praticamente obbligato ad andare a scuola in continuazione. Il problema sarà quello di avere degli insegnanti in grado di insegnare effettivamente qualcosa ai loro allievi. Si può benissimo affermare che già nel 1979 in parecchi dipartimenti di ingegneria elettronica e di scienza dell'informazione vi sono moltissimi insegnanti non all'altezza del compito che viene loro affidato; ve ne sono forse in numero superiore a quello che saremmo disposti ad ammettere. Con l'espandersi della microelettronica in settori diversi da quelli originari, il problema della obsolescenza dell'insegnamento diventerà sempre più acuto, con un ulteriore aggravamento della situazione per la mancanza appunto di insegnanti opportunamente addestrati. A quel punto la situazione dei paesi industrializzati non sarà molto diversa da quella dei paesi sottosviluppati. Per quanto possa risultare strano, si sarà costretti ad usare nell'insegnamento rivolto ai bambini del terzo mondo le stesse tecniche che nel mondo industrializzato vengono applicate per l'aggiornamento di professionisti già addestrati in un altro campo, dato che sia nel mondo dei paesi sottosviluppati sia nel mondo industrializzato ci si troverà

alle prese con il problema della mancanza di insegnanti qualificati.

Passiamo ora a considerare l'impatto che la microelettronica potrà avere sui colletti bianchi, facendo un paragone con le tre professioni che abbiamo specificatamente considerato.

Le reti dei terminali di computer si estendono oltre gli uffici fino alle singole case. Ciò porterà alla eliminazione di molte mansioni dei colletti bianchi. Vediamo perché si verificherà una cosa del genere.

Un qualunque apparecchio televisivo può essere impiegato come la metà del terminale di un computer, e più precisamente come la metà rappresentata dallo schermo. L'altra metà consiste di una tastiera, analoga alla tastiera di una macchina da scrivere, con in più una certa quantità di elettronica. Nel 1980 un apparato del genere può venire a costare fra i duecento ed i mille dollari, ed il prezzo varierà a secondo dei gusti e delle esigenze.

Se siete in possesso di un gioco elettronico connesso al vostro apparecchio televisivo, allora probabilmente già lo state usando come il terminale di un computer, dal momento che la maggior parte dei giochi elettronici hanno un microprocessore al proprio interno.

Ciò che rende il vostro apparecchio televisivo un terminale di computer veramente potente è la possibilità di connetterlo con un qualunque altro computer con una semplice chiamata telefonica. Proprio come normalmene si fa il numero di un telefono per comunicare con un amico, così si può fare il numero di un computer per mettere in comunicazione il vostro terminale con il computer. L'apparecchiatura elettronica necessaria per connettere un apparecchio televisivo con un telefono è già oggi disponibile a basso prezzo. Il problema più grave sarà che la vostra bolletta telefonica risulterà parecchio salata nel caso in cui usaste ampiamente del vostro apparecchio televisivo come di un terminale, che comunichi con un certo numero di computer su linee telefo-

niche. Vi è però anche da tener presente che nei prossimi venticinque anni l'industria che conoscerà probabilmente il maggior sviluppo sarà proprio quella delle comunicazioni sia nel settore dei telefoni che in quello delle microonde, e che tale sviluppo sarà molto probabilmente accompagnato da una diminuzione dei costi dei servizi forniti da tali industrie.

Si può facilmente prevedere un aumento di un fattore dieci delle dimensioni dell'industria delle comunicazioni, che provocherà una altrettanto massiccia diminuzione dei costi. Diventerà così abbastanza economico mettere in comunicazione l'apparecchio televisivo di una casa qualunque od il terminale di un ufficio con un certo numero di computer tramite linee telefoniche.

La cosa presenta alcune conseguenze che a prima vista possono apparire inaspettate.

Si pensi a quante mansioni svolte da colletti bianchi si riducono a niente più che a fornire informazioni per via telefonica. La principale funzione di un agente di borsa, ad esempio, è quella di eseguire gli ordini di compravendita del cliente. Un'altra è quella di informare i clienti sui prezzi correnti delle azioni e sull'andamento dei titoli. Essi forniscono ai clienti anche dei consigli su quali titoli convenga comprare o vendere. Uno studio condotto dalla Business Scholl dell'università di Chicago ha mostrato che solo in rari casi il parere dell'agente riesce a prevalere in modo che non vengano compiute delle scelte casuali [1].

La maggior parte delle agenzie di borsa offrono servizi completi, sono dotate di dipartimenti di ricerca e di consulenze per compravendita, ma un numero crescente di piccole agenzie offrono soltanto servizi di compra-vendita, non offrono consulenze, non dispongono di dipartimenti di ricerca, e praticano di conseguenza prezzi inferiori. Al giorno

---

[1] Si veda Burton G. Malkiel, *A Random Walk Down Wall Street*, Norton Press, 1973.

d'oggi gli operatori finanziari più aggiornati sono in grado di comprare i propri terminali, e se li comprano in modo da poter conoscere i prezzi delle azioni quando a loro aggrada. Terminali del genere costano meno di 1.000 $. Entro dieci anni gli apparecchi televisivi funzioneranno come terminali sia nelle case singole sia negli uffici; l'impiego di tali terminali per ottenere informazioni sulle azioni per la loro compravendita verrà a costare una cifra irrisoria. Chiunque sarà in grado di avere accesso alla banca di dati del mercato delle azioni per avere le informazioni che desidera, come il prezzo o le passate peripezie di un certo tipo di azioni. Chiunque sarà persino in grado di ricevere le raccomandazioni di un agente attraverso un terminale posto in un appartamento o in un ufficio. Potrà anche trasmettere i suoi ordini di compravendita. Non rimarrà praticamente nessuna mansione che non possa essere svolta da un terminale. Oltretutto, vi è da aggiungere che un agente in carne ed ossa non è in grado di offrire alcuna garanzia contro eventuali frodi. Gli agenti infatti combinano la maggior parte dei loro affari per telefono, riconoscendo i clienti unicamente dalla voce, ed eseguendo gli ordini di compravendita senza disporre di una conferma scritta. Il computer potrà invece richiedere la firma da un cliente, la quale verrà trasmessa come una immagine, e paragonata con un campione preventivamente depositato.

E se questo non basterà ancora, si potranno richiedere anche le impronte digitali, le quali pure potranno essere trasmesse e paragonate con quelle già in possesso del computer. (La giustizia già da tempo fa uso dei computer per il controllo delle impronte digitali e dispone di banche di impronte digitali dei più noti trasgressori della legge).

Da quanto detto è facile prevedere che gli agenti di borsa faranno probabilmente la fine dei fabbri ferrai, i quali ormai fondono solo i loro ricordi.

Naturalmente vi sarà sempre bisogno di personale addetto alla ispezione delle operazioni e al controllo di situa-

zioni particolari. Le funzioni degli ispettori e dei manager saranno dunque salvaguardate, mentre quelle dei semplici agenti non saranno più necessarie.

La U.S. Securities and Exchange Commission sta provando un mercato delle azioni interamente elettronico. Al piccolo Stock Exchange di Cincinnati tutte le operazioni di borsa si svolgono sotto il controllo dei computer, i quali anche aggiustano i prezzi delle azioni in maniera tale da mantenere l'equilibrio fra le vendite e gli acquisti.

In futuro le operazioni di borsa saranno interamente condotte con mezzi elettronici? Si tratta di una possibilità reale, ma non del tutto augurabile: forse si tratta di un enorme sbaglio, perché i rischi connessi all'abuso dei computer sono molto gravi in questo genere di operazioni. Ma di questo parleremo nel capitolo 7.

La possibilità di installare terminali di computer in ogni casa od ufficio porterà inevitabilmente alla sparizione delle funzioni che consistono semplicemente nel rispondere alle richieste di informazioni.

Non vi sarà quindi più bisogno:

1) del personale addetto alle richieste di informazioni telefoniche di vario genere;
2) del personale addetto alle informazioni ed alle prenotazioni delle linee aeree (inclusa in questa categoria vi è anche il personale di servizio sulle linee ferroviarie e automobilistiche);
3) dei centralinisti degli uffici delle varie industrie od enti governativi.

Dei terminali situati in appartamenti privati od in uffici potranno facilmente occuparsi di questo genere di richieste di informazioni. Si potrà connettere il terminale con un apposito computer facendo un numero telefonico oppure facendo lo stesso numero ad una opportuna tastiera. Le richieste di informazioni appariranno su di uno schermo, e per ottenere l'informazione richiesta o per far pervenire una certa

ordinazione non bisognerà fare altro che seguire le istruzioni che verranno date.

Non vi saranno particolari problemi nell'uso dei terminali anche da parte di handicappati. Un cieco potrebbe ad esempio usare una tastiera braille e disporre al posto dello schermo televisivo di un ripetitore sonoro. Un quadruplegico potrebbe fare uso di apparecchi elettronici di ascolto per fornire la sua informazione al computer.

Esiste un discreto numero di professioni connesse a servizi di vario genere che potrebbero essere eliminate con l'avvento dei computer, come le mansioni di ricerca e di collocamento di ordinazioni.

Si considerino ad esempio le agenzie di viaggio e di collocamento. Il problema principale di un agente di viaggio è quello di decifrare la matassa delle rotte e dei prezzi dei mezzi di trasporto che collegano due città qualunque. Possono anche distribuire dei biglietti di viaggio. Un computer sarà molto più efficiente nel selezionare le modalità di viaggio e nel trovare le soluzioni compatibili con il minor costo e disagio negli spostamenti. In effetti viene fatto uso dei computer già oggi a questi scopi.

Con la possibilità di fruire di questo servizio connettendo il terminale di un computer casalingo, si potrebbe fare in modo di eliminare le agenzie di viaggi.

La possibilità di fare delle prenotazioni che è data connettendo un terminale di computer con una banca di dati centrale comporta notevoli vantaggi.

Le compagnie aeree sono infatti alle prese con diversi problemi connessi alle prenotazioni. Uno è ovviamente quello dei passeggeri che pur avendo prenotato un posto, non si presentano alla partenza per qualche motivo. Vi è anche il problema opposto, nel caso in cui tutti i passeggeri si presentino, e qualche membro del personale, contando sull'assenza di qualcuno ed intendendo usufruire di un posto per i suoi spostamenti, si sia "prenotato" da solo.

In casi del genere o si verifica che un aereo parta semivuoto, oppure succede che si presentino troppe persone alla partenza. Per ovviare ad inconvenienti simili, un computer sarebbe l'ideale, perché nel caso ad esempio di mancate partenze, il computer potrebbe rintracciare da quale terminale era partita la prenotazione. E quindi, per prevenire situazioni del genere, si potrebbe stabilire di richiedere in anticipo un deposito non restituibile, oppure stabilire delle penali per chi non annullasse delle prenotazioni già fatte.

Le agenzie di viaggio poi organizzano delle gite di gruppo. L'organizzazione di tali gite comporta ovviamente tutta una serie di prenotazioni presso società aeree, alberghi, mezzi di trasporto di vario genere ecc. I vantaggi offerti da una gita di gruppo sono naturalmente connessi ai prezzi più bassi che si riescono a spuntare facendo delle prenotazioni per un numero notevole di persone. Anche in questo tipo di operazioni un computer può essere di notevole aiuto. Un hotel, o una società aerea o di trasporti a terra interessata a fornire i suoi servizi a gruppi organizzati non dovrebbe fare altro che fornire le informazioni relative alle sue disponibilità e ai suoi prezzi alla banca di dati di un computer. In tal modo il computer sarebbe messo in grado di organizzare delle gite con molto maggior efficienza e versatilità del personale umano. Uno potrebbe dire al computer dove vorrebbe recarsi e per quanto tempo vi vorrebbe restare. Dopo di che il computer passerà a considerare tutte le possibilità di basso prezzo, mettendo l'utente in grado di fare la scelta che più gli aggrada.

Un computer potrebbe persino fornire delle descrizioni di posti di villeggiatura e dare dei suggerimenti sui viaggi.

Qualunque informazioni possa essere fornita per telefono da un agente di una società di viaggi potrebbe essere immagazzinata in un computer come informazione permanente.

Inoltre delle persone che hanno usufruito dei servizi del computer potrebbero benissimo registrare anche le loro im-

pressioni, che potrebbero risultare utili in futuro ad altri utenti.

Anche le agenzie di collocamento potrebbero essere sostituite da una opportuna base di dati. Chi è alla ricerca di un lavoro potrebbe fornire i dati relativi al suo curriculum alla banca dei dati grazie al terminale casalingo di un computer, magari insieme ad una fotografia o ad una registrazione video in cui egli stesso parla delle proprie qualifiche e dei propri obiettivi.

Un potenziale datore di lavoro potrebbe viceversa descrivere il tipo di lavoro che gli interessa sia svolto e le qualifiche necessarie per compierlo, per poi ottenere una lista di nomi dalla quale scegliere per una maggior considerazione i nominativi che gli risultano particolarmente interessanti per un colloquio personale. Le agenzie di collocamento non offrono nulla di più di quello che potrebbe offrire un computer, anzi, qualche volta offrono pure di meno.

Se chi legge svolge una mansione consistente nel fornire delle informazioni al pubblico o nella esecuzione di ordini commerciali, è bene che si appresti ad un esame di coscienza e cha valuti bene le sue capacità professionali. O meglio, è bene che rifletta su quel tanto di capacità professionale che è necessaria per lo svolgimento delle sue mansioni, perché nel caso non ve ne fosse molta, allora i pericoli rappresentati dall'avvento dei computer potrebbero rivelarsi fatali per il mantenimento del suo posto di lavoro.

Parecchie predizioni che abbiamo fatto in questo capitolo potranno ovviamente avverarsi solo nel caso in cui fosse possibile nel futuro disporre di un terminale di computer praticamente in ogni casa od in ogni ufficio.

Possiamo discutere all'infinito sugli impieghi possibili dei terminali di computer che si troveranno in ogni casa ed in ogni ufficio: quello che è fuori discussione è che vi saranno dei terminali in ogni casa ed in ogni ufficio. Del resto, un evento del genere si sta già verificando in Europa. La cosa qui ha preso l'avvio dalla Gran Bretagna, con un sistema

chiamato Viewdata, che trasmette materiale scritto per mezzo di linee telefoniche a tutti gli apparecchi televisivi del paese. Qualunque cittadino britannico, il cui apparecchio televisivo sia stato opportunamente attrezzato, può leggere il bollettino delle ultime notizie oppure le previsioni del tempo, come può comprare prodotti vari o usare di certi servizi. In breve, può effettivamente compiere la maggior parte delle operazioni che abbiamo descritto in questo capitolo.

CAPITOLO 6

EVOLUZIONE E RIVOLUZIONE NELL'INDUSTRIA

Abbiamo parlato a lungo degli effetti che nei prossimi venticinque anni avrà la microelettronica su vari tipi di attività. Più difficile è passare in rassegna i cambiamenti che dovranno essere introdotti nelle singole industrie. Potranno dare luogo sia ad una evoluzione, come è dimostrato dall'esempio della progettazione delle automobili, sia a delle pure e semplici rivoluzioni, come nel caso dei calcolatori elettronici, come pure potranno dare luogo alla nascita di industrie del tutto nuove, che renderanno possibili operazioni come la sostituzione di un membro del corpo umano o addirittura l'avvento dell'uomo bionico.

Consideriamo dapprima l'industria automobilistica. I progettisti di autovetture stanno già facendo uso del computer: nella strumentazione di guida, nel controllo del combustibile, nei freni anti-slittamento, ecc.

Di conseguenza, chi acquisterà una automobile troverà una guida più facile, o un consumo di benzina ridotto, ma per tutto il resto non noterà alcun cambiamento. Infatti la microelettronica non introdurrà alcun cambiamento nell'automobile stessa, ma provocherà dei notevoli cambiamenti e delle rivoluzioni nel processo di produzione delle automobili, consentendo l'impiego di robot alle catene di montaggio.

Altre industrie subiranno i medesimi cambiamenti che abbiamo visto nell'industria dei calcolatori meccanici ed in quella degli orologi. Lo schema con cui avverranno tali rivo-

luzioni sarà più o meno lo stesso: le società che già sono affermate nei singoli settori non saranno in grado di prevedere l'emergere delle novità e saranno prese in contropiede dai prodotti della microelettronica, cioé dai prodotti di una industria, quella dei semiconduttori, dalla quale nessuno si sarebbe aspettato dalla concorrenza.

L'imprevedibilità è una delle componenti essenziali di una rivoluzione. Di conseguenza è difficile fare predizioni ed anticipare quale sarà il settore dell'industria che verrà investito per primo dall'ondata rivoluzionaria. Pur tenendo presente le varie possibilità, preferiamo qui limitarci a trattare l'eventualità che ci sembra più probabile, e cioè che le prossime vittime della rivoluzione microelettronica siano l'industria discografica e fotografica. Considereremo anche gli effetti che l'elettronica potrà avere nel settore dell'editoria, e non trascureremo dei cenni ai possibili sviluppi della bionica.

Consideriamo dapprima l'industria discografica. Gli odierni studi discografici sono dotati di dispendiosi apparati per la riproduzione dei suoni su dischi o cassette a nastro. Per ascoltare dei dischi o delle registrazioni su nastro, bisogna ovviamente disporre di apparecchiature di ascolto ad alta fedeltà, e ad alto prezzo.

Vi sono due problemi piuttosto seri nella registrazione sonora condotta con questi metodi: in primo luogo il metodo di registrazione non è molto buono, e in secondo luogo i problemi sono ancora aggravati dall'esistenza di parti mobili nell'apparato di ascolto della musica registrata.

Negli studi i suoni o vari altri segnali sonori vengono registrati su un nastro magnetico, oppure su di un disco. Ma questi sono mezzi di registrazione poco soddisfacenti, sia perché viene generato del rumore di fondo, sia per la facilità di deterioramento dei nastri e dei dischi. La maggior parte dell'elettronica impiegata in un apparato stereo ha lo scopo di eliminare i rumori di fondo, preservando solo il suono che si vuole far ascoltare.

Ulteriori dispositivi elettronici hanno il compito di far girare un disco od un nastro ad una certa determinata velocità. Ma anche in queste operazioni sorgono problemi per la fedeltà della riproduzione del suono, dovuti alla presenza di polvere o altre avverse condizioni ambientali, che impediscono un buon ascolto di un disco o di un nastro.

La microelettronica è in grado di risolvere tali problemi immagazzinando i suoni sotto forma di sequenze di numeri. È prevedibile che fra il 1990 ed il 1995 sia i dischi che i nastri magnetici vengano sostituiti da chip di memorie elettroniche.

I suoni verranno immagazzinati in questi chip di memoria "digitizzando" la forma dell'onda sonora. Il segnale continuo usato nelle registrazioni odierne viene chiamato segnale analogico. La tecnica di registrazione digitalizzata di domani si chiama registrazione digitale.

Il suono digitale viene registrato come una sequenza di numeri, ciascuno dei quali può essere visualizzato come rappresentante la distanza di un certo gradino da una linea di base.

La registrazione digitale presenta potenzialità maggiori agli effetti dell'alta fedeltà di riproduzione, che non la registrazione analogica. Ciò si verifica perché i numeri o sono giusti o sono sbagliati, mentre un segnale analogico non è mai avvertito nella stessa maniera, e di conseguenza la riproduzione è sempre leggermente infedele. In effetti, la qualità di un sistema di riproduzione dipende in larga misura dalla capacità dell'elettronica del sistema di minimizzare gli errori di rilettura del segnale analogico.

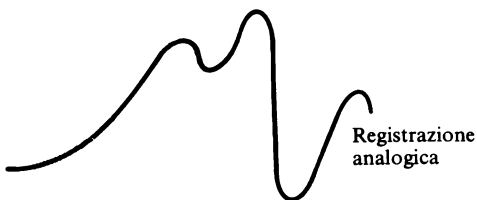
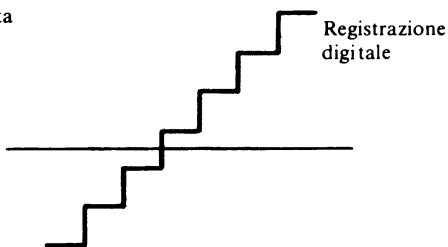
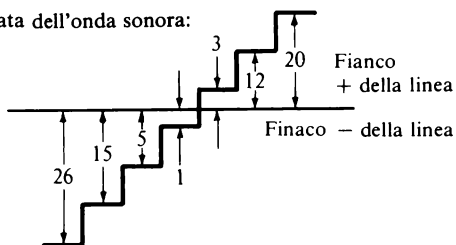
Il fatto che i numeri o sono giusti o sono sbagliati è certamente un gran vantaggio, purché i numeri siano giusti. In tal caso infatti l'elettronica del read-back può ricreare un segnale senza commettere errori. Ma che succederà nell'eventualità che i numeri siano sbagliati? Fortunatamente i numeri possono essere registrati insieme ad opportuni codici per la ricostruzione e correzione di eventuali errori. Grazie a tali

codici, l'elettronica di read-back viene messa in grado di identificare i numeri sbagliati: nella maggior parte dei casi l'elettronica di read back può correggere gli errori.

Parecchie società stanno già oggi sperimentando con la registrazione digitale dei suoni registrando i suoni su dischi e nastri magnetici come sequenze di numeri. In Gran Bretagna, le reti di radioteletrasmissioni governative stanno sperimentando trasmissioni di musica con processo digitale.

La registrazione digitale dei suoni su di un disco od un nastro magnetico non risolve di per sé i problemi di fedeltà di riproduzione che sono connessi ai movimenti del disco o del nastro. Molti ingegneri specializzati in impianti audio sostengono di essere in grado di migliorare le tecniche di registrazione e riproduzione analogiche abbastanza rapidamente da poter tenere testa al sopravvanzare della registrazione digitale. La microelettronica però porterà alla completa eliminazione di dischi, nastri magnetici e parti mobili in generale degli apparati di ascolto.

Fra il 1990 ed il 1995 sarà possibile registrare un brano di musica della durata di mezz'ora e più su un chip di memoria di dimensioni ancora più piccole dell'unghia di un dito. Un chip del genere, montato su di un opportuno supporto, potrà essere inserito in un nuovo sistema di ascolto musicale ad alta fedeltà, immettendo silenziosamente nei circuiti connessi con gli altoparlanti un flusso di numeri. In tal modo verranno eliminate tutte le parti mobili di un apparato di ascolto.

Anche oggi è possibile registrare musica digitale su chip di memorie. Sono necessarie circa 65.000 cifre binarie (altimenti note anche come bit) di memoria per registrare un secondo di musica. Una memoria del genere, che sia del tipo giusto, è disponibile oggi (1979) per due o tre dollari. Di conseguenza si può vendere a prezzi economici l'equivalente di un secondo di musica su di un chip di memoria, la quale verrà a costare più o meno come i dischi o le cassette oggi in vendita.

Le onde sonore possono essere registrate digitalmente. Quando i singoli passi della registrazione digitale sono abbastanza brevi, il suono prodotto non può assolutamente essere distinto da quello provocato dall'onda sonora..

Il suono digitale viene registrato come una sequenza di numeri. Ciascun numero può essere visualizzato come rappresentativo della distanza di un gradino da una linea di base assunta come livello zero.

Non è pensabile che ciò provochi dei terremoti nella vendita dei dischi. Vi è però da tener presente che ogni due anni l'industria dei semiconduttori sforna delle memorie con una capacità quadrupla delle precedenti ed allo stesso prezzo. È quindi prevedibile che attorno al 1981 sarà possibile acquistare l'equivalente di quattro secondi di musica per due o tre dollari, e che nel 1983 per lo stesso prezzo si potranno avere sedici secondi, per il 1985 circa un minuto ed infine per il 1987 circa quattro minuti, e così via.

Alcuni esperti ritengono che un aumento indefinito della capacità delle memorie non sia in realtà possibile. In altri termini, ritengono che verranno presto raggiunti dei limiti alla possibilità di ulteriori aumenti delle capacità dei chip di memoria, e che tali limiti siano fissati dalle condizioni di economicità nella produzione dei chip. (Argomentazioni contrarie all'esistenza di limiti del genere verranno accennate nell'Appendice A).

Quando diventerà economico registrare e riprodurre della musica in maniera digitale mediante chip di memoria microelettronici, qualunque appassionato di musica sarà in grado di acquistare delle apparecchiature di registrazione altrettanto sofisticate di quelle che oggi si trovano negli studi professionistici. La qualità e la fedeltà delle riproduzione del suono troverà un limite solo nella tecnologia degli altoparlanti, per migliorare la quale nulla o quasi può fare la microelettronica.

Benché il suono digitale rappresenti la tecnologia del futuro, la musica elettronica rappresenta una realtà ormai da qualche tempo. Di fatto, sintetizzatori Moog, organi elettrici e chitarre elettriche sono già stati prodotti negli anni cinquanta e sessanta. Oggi la sintetizzazione musicale rappresenta il passatempo preferito degli appassionati del microcomputer. Essi creano il suono matematicamente, ed anche al più smaliziato degli esperti non riesce di cogliere alcuna differenza fra il suono di una orchestra e quello della musica sintetizzata da un computer. Non vedo però un gran fu-

turo per la musica sintetizzata da un computer. Si tratta di una curiosità interessante, che non ha avuto un gran seguito (eccezion fatta per coloro cui piace ascoltare il miagolio dei gatti).

Nella registrazione digitale della musica non si sintetizzano delle onde sonore, ma si registra il suono in maniera esatta, con una fedeltà superiore a quella di un disco o di una cassetta.

La microelettronica e la registrazione digitale potranno portare a due sviluppi particolarmente interessanti, anche se non immediatamente ovvi, per quanto concerne la riproduzione dei suoni, riguardanti precisamente il miglioramento della voce e la composizione automatica.

Negli studi di registrazione sono largamente impiegati vari accorgimenti per "migliorare" la voce di un cantante. I dispositivi che servono a questo scopo potranno in futuro essere a disposizione anche di privati e dei loro apparati di registrazione. Ciò avrà profonde conseguenze per l'industria delle registrazioni, perché diventerà molto difficile distinguere le prestazioni di un autentico talento della musica da quelle di un qualsiasi dilettante a mala pena intonato.

Vi sono due maniere per migliorare una voce (o qualunque suono). Mediante l'analisi della forma di una certa onda sonora, è possibile isolare le caratteristiche che la rendono piacevole da quelle che la rendono sgraziata. Un computer potrà prendersi cura dell'onda sonora entrante e migliorarla prima che venga registrata. Un miglioramento ancora più drastico può essere conseguito mediante una completa sostituzione. Le onde sonore create da chi canta o suona possono servire come indici per rintracciare il loro esatto equivalente, dotato di qualità sonore superiori, nella memoria di un computer. E le onde sonore di alta qualità prese dalla memoria potranno essere così registrate. In altre parole, la voce di un individuo qualunque potrebbe essere sostituita da quella di un noto cantante oppure da più voci di noti cantanti, poiché una intera biblioteca di voci può essere mantenuta nella me-

moria di un computer.

Possibilità più interessanti sono invece offerte dalla composizione di musica con l'ausilio di computer. Si sarà in grado infatti di comporre della musica con un computer domestico e di avere all'istante la sua esecuzione da parte di un sistema hi-fi. Ogni nota di ciascun strumento musicale di una orchestra o di una banda sarà registrata digitalmente per una riesecuzione immediata. Se ne potranno produrre a piacimento sul display di un computer e si creerà una partitura. Poi si assegnerà la partitura ai singoli strumenti, quindi con il semplice tocco di un interruttore il sistema hi-fi eseguirà la versione orchestra o per banda del pezzo composto. Si pensi al divertimento, una volta che si ha la partitura giusta, di scambiare fra di loro la parte del violino con quella della chitarra elettrica, o quella degli oboe con quella dei sassofoni. Una macchina capace di una operazione del genere è già in vendita al giorno d'oggi (1979), ma verrebbe a costare più di duecentocinquantamila dollari, il che non ne rende consigliabile la produzione per un mercato di massa. Nel giro di venticinque anni un apparato del genere potrà venire a costare meno di mille dollari, e potrà costituire un divertente accessorio agli apparecchi di registrazione e di ascolto già disponibili.

I primi sistemi per la composizione musicale mediante computer saranno per forza di cose abbastanza rozzi. Ogni violino dà un suono diverso da quello di un altro, così come ogni esecutore è capace di trarre suoni particolari da uno strumento. Inoltre una stessa nota verrà registrata in maniera diversa a secondo della posizione che occupa all'interno di un fraseggio musicale. Si può facilmente indovinare che le prime composizioni sintetizzate da un computer basandosi su biblioteche di suoni registrati in precedenza non saranno certo composizioni immortali. Ma nei tempi lunghi si può affermare che la versatilità di un computer supererà quella di un qualsiasi strumento fabbricato dalle mani dell'uomo. Mediante il computer sarà infatti possibile non solo miglio-

rare la voce umana, ma anche specificare il tono, la durata di una nota ed ogni altra variazione sonora.

Quanto detto a proposito dell'industria musicale può bastare. Passiamo ora a vedere che cosa porterà la microelettronica nel mondo della produzione dei film e delle macchine fotografiche. Un apparato fotografico già contiene una considerevole quantità di elettronica per il controllo dell'apertura delle lenti in funzione della velocità della pellicola e della luce. La Honeywell già dispone di un circuito, chiamato Visitronic, che controlla automaticamente il fuoco di un apparecchio fotografico facendo il paragone fra due immagini grazie ad una rudimentale elettronica in grado di "vedere".

Il chip della Visitronic è lungo meno di mezzo centimetro. Un chip del genere è oggi indispensabile e permette di mettere a fuoco automaticamente delle macchine con qualunque condizione di luce, da quella di una candela a quella di una scena sulla neve.

Oggi tutte le macchine fotografiche impiegano delle pellicole. La produzione delle pellicole è un'arte di magia nera dominata da poche corporazioni gigantesche. In venti o venticinque anni la microelettronica eliminerà le pellicole.

Con una microelettronica che sarà una estensione dei pannelli visivi della Visitronic, le macchine registreranno delle immagini su "retine" di semiconduttori sensibili ai colori ed a diverse intensità di luce, dotate cioé approssimativamente delle caratteristiche dell'occhio umano. L'elettronica sarà in grado di convertire il colore e l'intensità avvertita in ciascun punto della retina in un numero che identifica proprio quel colore e quella intensità di luce. L'intera immagine verrà registrata come una sequenza di numeri. Si potrà in seguito stampare tale immagine fornendo la sequenza di numeri ad essa corrispondente in un opportuno dispositivo di stampa. Quest'ultimo sarà dotato di una elettronica capace di convertire la sequenza di numeri in opportuni punti dotati di colore ed intensità diverse, riproducendo così l'imma-

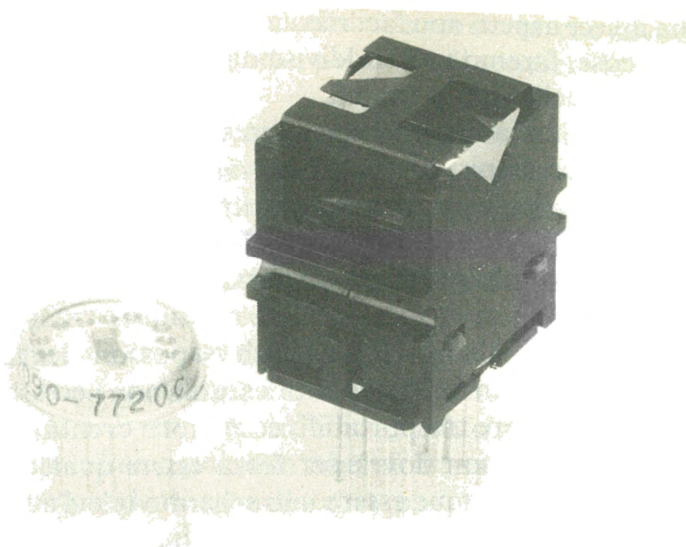
gine. Si tratta della stessa tecnica che viene usata dalla NASA oggi per trasmettere a terra le fotografie prese a bordo di un satellite. La fotografia presa dalla macchina fotografica che si trova sul satellite è convertita in un gran numero di punti, ciascuno dei quali è dotato di colore ed intensità. A loro volta, il colore e l'intensità di ciascun punto vengono convertiti in un numero, che viene trasmesso a terra. Una macchina da stampa ricrea la fotografia interpretandone i colori e le intensità sulla base dei numeri ricevuti.

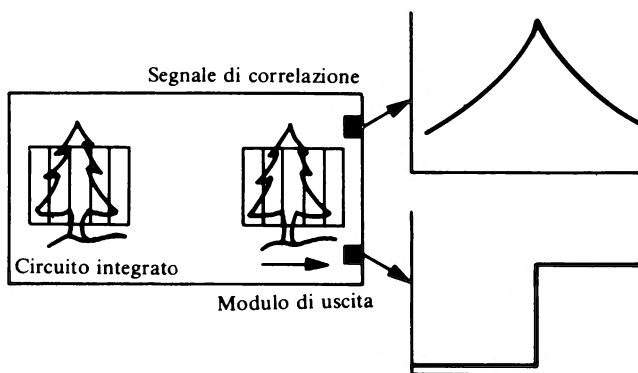
Le immagini prese da una macchina possono essere immagazzinate in piastrine di memorie elettroniche trasportabili. Tali piastrine potranno poi essere usate più volte. Quando una di esse è ripiena di immagini fotografiche registrate, la si toglierà dalla macchina per sostituirla con un'altra vuota. Si prenderanno poi le piastrine di memorie piene di registrazioni e le si potranno inserire nelle stampanti a colori del tipo impiegato per ricevere la posta. Fra dieci anni intere stampanti a colori di questo tipo saranno disponibili per meno di 1.000 $, con la garanzia di assoluta fedeltà nelle riproduzioni a colori. Si potranno stampare tante copie di una fotografia quante si vogliono e nello stesso tempo conservare la piastrina di memoria elettronica per stampare altre fotografie. Oppure si potrà usare di nuovo la piastrina di memoria.

Quando si pensa che la stampa di una fotografia a colori oggi (1979) viene a costare almeno venticinque centesimi per copia, e che un intero rotolo di pellicola costa ovunque fra i tre ed i sei dollari, si vede che fra quindici anni circa una memoria elettronica verrà a costare meno di una pellicola.

Siccome le piastrine di una memoria elettronica per fotografie potranno essere usate più volte, esse verranno a costare dieci o venti volte di più di un rotolo di pellicola, ma il loro costo sarà pur sempre competitivo. Per quanto concerne poi la stampatrice a colori sarà praticamente gratuita, perché sarà lo stesso dispositivo che servirà per la posta.

E così addio alla pellicola ed alla sua industria.

L'impatto della microelettronica nell'industria edito-

Per gentile concessione della Honeywell Inc.

Il Visitronic della Honeywell contiene un circuito che controlla automaticamente il fuoco di un apparecchi fotografico paragonando due immagini che vengono "viste" elettronicamente. La fotografia mostra il circuito, il contenitore in cui è posto ed una moneta da dieci centesimi.

Il rivelatore che si mette a fuoco da sé funziona mettendo a paragone due immagini. Quando il circuito integrato "vede" le due immagini come molto simili, allora il segnale di correlazione presenta un picco. A quel punto, il modulo genera una variazione di tensione che ha un andamento a gradino, grazie al quale vengono automaticamente messe in posizione le lenti della macchina fotografica.

riale ha invece aspetti non facilmente prevedibili. Per semplificare le cose, faremo una suddivisione fra le pubblicazioni portabili e quelle non portabili.

Un libro tascabile, da leggersi in viaggio, rappresenta senz'altro un esempio di materiale trasportabile. Qualora l'elettronica dovesse portare alla sostituzione di ogni stampato, bisognerà che l'equivalente elettronico della carta stampata sia portabile almeno quanto lo è un libro da viaggio.

Ma quei giornali, libri o riviste, che si possono leggere e consultare a casa o in ufficio oppure a scuola non necessariamente devono essere trasportabili, ed un loro eventuale sostituto elettronico non dovrà per forza essere qualcosa di movibile, e potrà dunque essere uno schermo televisivo oppure il terminale di un computer.

Nel prendere in considerazione le possibilità della microelettronica nel settore della editoria e della carta stampata, bisogna distinguere fra i due aspetti della competizione e della sostituzione. Per spiegarmi meglio, farò l'esempio della televisione, la quale si può benissimo considerare in concorrenza oggettiva con riviste illustrate come *Life* e *Look*, tanto che appunto ne ha provocato la chiusura. Giornali di informazione come *Time* o *Newsweek* sono riusciti a sopravvivere grazie a una profondità e ad una ampiezza nel coprire gli avvenimenti che la televisione non si poteva permettere. Possiamo dunque dire che la televisione non fece concorrenza alla stampa di informazione, anzi provocò l'aumento del numero delle testate.

L'elettronica è perfettamente in grado di portare alla sostituzione diretta di tutti gli stampati che abbiamo definito non portabili. Dire che è in grado di farlo non significa dire che la cosa avverrà sicuramente. Il mezzo che sostituirà gli stampati non portabili sarà il video disco, un futuri discendente delle video-cassette, che sono già largamente diffuse come accessori degli apparecchi televisivi. Il videodisco, più che la video-cassetta sarà il sostituto perché il

video-disco, a differenza della video cassetta, che deve essere visionata tutta di seguito, permette di scegliere le sequenze da vedere.

Per capire che cosa è un video-disco, si immagini un giornale elettronico che possa essere trasmesso a casa attraverso un canale televisivo, e che venga registrato su di un videodisco o su una videocassetta. Se il giornale sarà registrato su una video cassetta, allora bisognerà fare scorrere il nastro, per visionarlo dall'inizio. Ci potrebbe esser all'inizio del giornale un sommario degli argomenti o degli avvenimenti trattati, dal quale scegliere le cose più interessanti. Si potrà far scorrere il nastro fino al punto giusto e poi passare a vedere le immagini sullo schermo con i suoni e le sottoscritte corrispondenti a quello che appare sullo schermo. Se si vuole saltare qualcosa oppure si cambia parere su quello che si vuole vedere, il nastro deve essere fatto scorrere avanti o indietro finché non si arriva al punto che contiene il pezzo desiderato. Una operazione del genere però sarebbe abbastanza lunga e implicherebbe anche una serie fastidiosa di rotture del nastro.

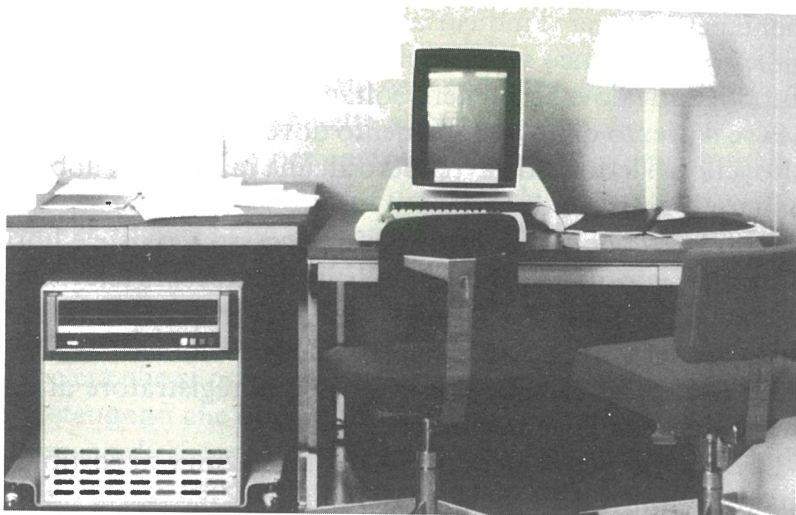
Il video-disco fornisce invece un dispositivo molto più utile, perché presenta una superficie registrata, i cui punti sono tutti accessibili con uguale facilità. Il disco ruota, ed un meccanismo di lettura all'estremità del braccio mobile (chiamato read head) può quasi istantaneamente avere accesso a qualunque punto della superficie del disco. Quindi se uno vuole scegliere cosa visionare ed in che ordine farlo, lo può benissimo fare.

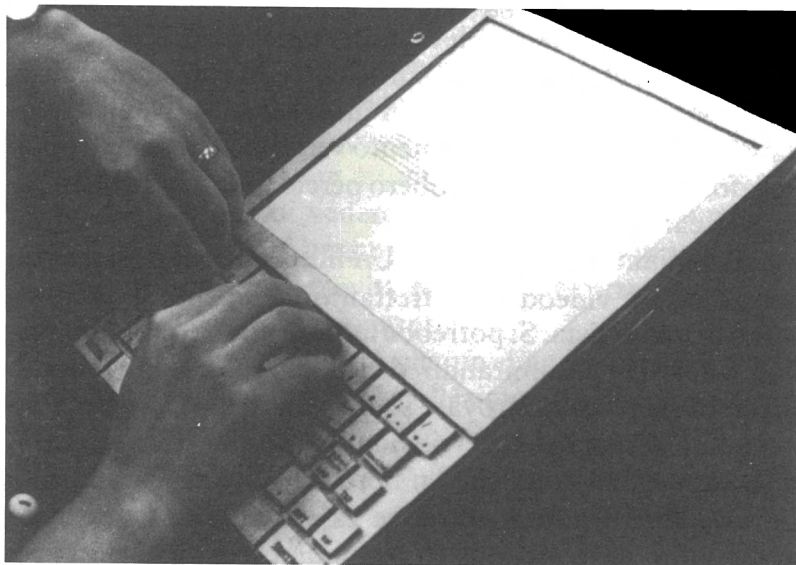
Esistono due tipi di video-dischi: uno è magnetico, come i nastri delle cassette, nell'altro si fa impiego di un raggio laser.

I videodischi magnetici, come del resto i nastri magnetici, immagazzinano l'informazione in forma di zone magnetizzate. I videodischi magnetici organizzano le zone magnetizzate in piste concentriche, mentre il nastro ha piste parallele nel senso della lunghezza.

sarà probabilmente prodotto, assomiglierà più o meno al Dynabook, e avrà il suo mercato specializzato; non porterà però alla sostituzione del materiale stampato portabile. Possiamo dunque concludere che lo sviluppo della microelettronica porterà molto probabilmente ad un aumento del materiale portabile stampato, e non farà concorrenza a quello già esistente. Vediamo più da vicino come si potrà verificare una cosa del genere.

La microelettronica potrà portare alla sostituzione di materiale stampato di vario genere, come guide telefoniche, dizionari ecc. e delle riviste in abbonamento. Quando in ogni casa si troverà oltre ad un apparecchio televisivo un registratore di video dischi, mediante televisione via cavo o altro mezzo di trasmissione dei dati sarà possibile avere accesso a basso costo ad una grande quantità di informazione che si trova su giornali, riviste o libri. I vantaggi dei sostituti elettronici di giornali, riviste e libri potranno costituire una serie minaccia per il mercato della carta stampata.

Prendiamo il caso di un abbonato ad un giornale. Non vi sarà più il postino a depositare una copia sulla porta di casa ogni mattina. Il giornale sarà infatti trasmesso via cavo durante la notte per mezzo di un canale televisivo, oppure di cavi, e verrà registrato su video-disco. Alla mattina, l'abbonato potrà leggere il giornale sul suo schermo televisivo, soffermandosi sulle fotografie e gli articoli che lo interessano, così come farebbe leggendo un giornale di carta. Si presenta però un problema per quello che concerne la pubblicità, e si tratta di un problema importante perché la pubblicità rappresenta la più importante fonte di reddito per i giornali. È difficile fare a meno di vedere un annuncio pubblicitario pubblicato sulla pagina di un giornale. Mentre invece sarebbe molto facile fare a meno di guardare alla pubblicità quanto questa si trova su un videodisco. Ne consegue che la pubblicità che potrà essere fatta su video disco dovrà riguardare unicamente degli articoli che interessano il lettore. Ma si riuscirà in tal modo ad avere le entrate pubblicitarie suffi-

Per gentile concessione della PARC Xerox

Il Dynabook della Xerox sarà il libro elettronico portatile del futuro? La fotografia mostra il sistema Dynabook del giorno d'oggi.

Per gentile concessione della PARC Xerox

Modello del futuro Dynabook portatile.

cienti per sostenere l'industria del giornale elettronico? Se un giornale elettronico non riuscirà ad avere sufficienti entrate pubblicitarie dovrà sostenersi soltanto con gli abbonamenti. Ma se il prezzo di un abbonamento dovesse risultare troppo alto, allora i lettori non avrebbero alcuna ragione per abbandonare il giornale di carta.

Si potrebbe poi in futuro avere accesso a riviste e libri oltre che a giornali, disponendo di un apparecchio televisivo e di un video disco. Per scegliere una certa rivista od un certo libro, basterà fare un opportuno numero telefonico. Il materiale contenuto sarebbe poi trasmesso al registratore di un video disco su linee telefoniche.

Sorgono però alcuni problemi in relazione ai sostituiti microelettonici delle riviste e dei libri.

Un giornale elettronico, proprio come un giornale qualunque, può fallire per mancanza di pubblicità. Come abbiamo visto più sopra, una rivista elettronica non potrà presumibilmente avere alcun introito dalla pubblicità, se i lettori fossero in grado di leggere gli articoli che loro interessano senza imbattersi mai negli annunci pubblicitari.

È chiaro che senza delle sufficienti entrate pubblicitarie, non vi sarebbe alcun futuro per una rivista elettronica, perché il prezzo del suo abbonamento verrebbe ad essere troppo elevato ed i lettori non sarebbero perciò indotti ad abbandonare la carta stampata.

E veniamo infine ai libri. Un libro potrebbe essere trasmesso ad un videodisco altrettanto facilmente di un giornale o di una rivista. Si potrebbe leggere un libro all'apparecchio televisivo, ammirando delle illustrazioni migliori di quelle che si possono trovare su libri di carta stampata. Il libro microelettronico tuttavia non sostituirà il libro tradizionale. Infatti una volta che un libro sia stato registrato su di un videodisco, allora potrebbe essere ulteriormente registrato su un altro videodisco con molta facilità e senza spesa. Una registrazione video di un best seller elettronico verrà usata infatti non certo da un solo lettore, poiché tutti i suoi

conoscenti ed amici si affretteranno a registrare il libro dal suo disco, senza acquistarne un'altra copia. Un problema analogo si è già presentato nelle industrie dei programmi per calcolatori e delle cassette a nastro.

I programmi per computer vengono immagazzinati in dischi, alla stessa maniera dei libri elettronici del futuro.

Le società che vendono programmi di computer su dischi hanno ideato opportuni accorgimenti per evitare che i dischi vengano copiati; tali società non sono però venute mai a capo del problema rappresentato dal "prestito". Alcune società che si occupano della programmazione di computer sostengono che di ogni programma venduto, vengono fatte almeno dieci copie, di modo che il volume delle vendite subisce una corrispondente diminuzione.

Anche le società che cercano di registrare musica su cassette a nastro si dovettero accorgere di quanto fosse facile copiare le cassette. In effetti, non si verificarono mai delle grandi vendite perché la maggior parte delle cassette circolanti erano registrate da quelle acquistate.

Oggi l'industria delle videocassette cerca di risolvere il problema registrando le videocassette da mettere in commercio con uno speciale segnale "anti-copiatura". Un videoregistratore casalingo, come il Sony Betamax, che si può acquistare e connettere ad un qualunque apparecchio TV, potrà permettere di vedere le videocassette in commercio, ma non ne registrerà nessuna. Solo il tempo potrà stabilire se i vari accorgimenti per evitare le copie registrate delle videocassette potranno funzionare.

Quello che è sicuro è che un dilettante inesperto non potrà certamente farsi una collezione di videocassette registrate da altre, ma è molto probabile che un esperto sarà in grado di rendere inoperanti le tecniche anti-registrazione adottate dalle società.

Si possono adottare anche dei severi provvedimenti legislativi per risolvere questo problema, e dal canto suo l'industria potrà sviluppare tecniche sempre più raffinate per

evitare l'ulteriore registrazione delle videocassette, ma vi sarà sempre chi sarà capace di aggirare tutte le disposizioni di legge e tutti gli accorgimenti dell'industria.

Si potrebbe dire che l'avvento delle macchine fotocopiatrici non ha portato di per sé alla sparizione dei libri in carta stampata, anche se è molto facile fotocopiare un libro al giorno d'oggi.

Perché dunque vi dovrebbero essere problemi per i libri registrati su superfici magnetiche? Il fatto è che per avere la fotocopia di un libro bisogna copiare una pagina alla volta, mentre la copiatura di un libro su disco magnetico è molto più semplice e immediata, e comporta una sola operazione, esattamente come la fotocopiatura di una pagina di un libro. Vi è inoltre da tenere presente che spesso costa più eseguire la fotocopia di un libro che acquistarne una copia. Mentre invece sarà sempre meno caro registrare da una cassetta magnetica oppure da un videodisco invece che comprarne un'altra copia.

A meno che non venga trovato un efficiente antidoto alla registrazione da cassette e videodischi, non vi potrà essere un lancio in grande stile del libro elettronico, e la carta stampata non potrà mai essere sostituita. Una soluzione può essere rappresentata dal disco a laser, poiché è molto difficile farne una copia. Si può benissimo leggere un disco a laser facendo uso di elettronica a basso costo, mentre invece è richiesta una elettronica molto più costosa per incidere un disco laser.

Passiamo ora a considerare le nuove industrie che potrebbero essere originate dalla microelettronica. Prendiamo ad esempio il caso dell'"uomo bionico", che tanto scalpore ha suscitato, ma vi sono altri casi sorprendenti di industrie nuove che potranno spuntare da un momento all'altro.

I filmini televisivi di fantascienza ci hanno presentato l'"uomo bionico", dotato di forza fisica,velocità di riflessi e altre doti in misura molto superiore a quella di un normale essere umano. Forse un giorno ciò diventerà realtà, ma già

oggi vi sono delle realizzazioni impressionanti, benché meno spettacolari.

Presso lo Illinois Institute of Technology di Chicago, un gruppo di ricercatori guidati dal professor Daniel Graupe ha sviluppato un braccio artificiale in grado di rispondere a piccoli impulsi elettrici che vengono avvertiti da un moncherino di un membro che è stato perduto. La cosa non è di per sé molto nuova, ma il gruppo del professor Graupe ha svolto indagini molto raffinate. Per mezzo di un microprocessore, sono stati analizzati dei segnali provenienti da tre elettrodi per controllare i movimenti del gomito, del polso, della mano e delle dita, in maniera del tutto analoga a quella di un essere vivente.

In questo modo, il membro artificiale di un individuo che ha subito una amputazione risponde alle sollecitazioni che riceve come se fosse il membro naturale originario.

Un membro artificiale, almeno in teoria, presenta capacità superiori a quelle di un membro umano. Ovviamente bisogna tenere conto che i movimenti di un arto protetico non devono comportare degli sforzi eccessivi per le giunture di cui è dotato; ogni movimento deve essere infatti compatibile con l'energia di cui un arto artificiale può disporre, con la resistenza del materiale di cui è costituito, e con la necessità che rimanga attaccato al resto del corpo. Un individuo con un braccio artificiale non sarà certamente in grado di sollevare con esso un automobile, potrà invece stringere le dita in una morsa di gran potenza. Inoltre, con un braccio artificiale si possono maneggiare oggetti incandescenti o corrosivi, sempre compatibilmente con le proprietà del materiale di cui è costituito, tutte operazioni che non potrebbero essere compiute da un braccio in carne ed ossa.

L'audizione elettronica rappresenta un altro settore in cui si stanno facendo enormi progressi grazie all'elettronica. Oggi i ricercatori hanno raggiunto una profonda conoscenza del sistema nervoso dell'orecchio, per cui sono in grado di far pervenire dei segnali artificiali che danno la possibilità di

sentire anche ad individui affetti da profonda sordità. Non vi sarà mai un perfetto equivalente del normale udito, ma è pur sempre qualcosa, una capacità ad avvertire dei suoni comunque limitata. Allo Smith-Kettlewell Institute of Visual Sciences di San Francisco, il dottor Frank Saunders ha sviluppato dei metodi diversi, ma sempre interessanti, per alleviare la sordità. Il dottor Saunders ha creato una fascia, che viene indossata in diretto contatto con la pelle. Tale fascia converte le onde sonore in modi di vibrazione; chi la indossa impara a interpretare tali vibrazioni come se fossero dei suoni. Si tratta di un apparecchio sostitutivo dell'orecchio non molto sofisticato, e richiederà da chi ne farà uso un notevole sforzo di allenamento. Ma è già servito molto per aiutare bambini affetti da profonda sordità e che non sono in grado di comunicare con gli altri sistemi che vengono usualmente impiegati con i sordi, ed è anche servito come controllo della voce per quei bambini sordi che dovevano imparare a parlare.

Nei prossimi venticinque anni l'elettronica fornirà anche a coloro che sono affetti da profonda sordità le apparecchiature per poter sentire. In teoria, l'elettronica dovrebbe essere in grado anche di restituire la vista ai ciechi. La retina dell'occhio umano vede in virtù degli stessi meccanismi che sono incorporati nella macchina fotografica elettronica del futuro, che abbiamo descritto nelle pagine precedenti del capitolo. I coni ed i bastoncelli, che rappresentano gli elementi visivi basilari dell'occhio umano, funzionano press'a poco allo stesso modo dei dispositivi a semiconduttori. Ovviamente la retina dell'occhio umano fornisce più informazione visiva di qualunque strumento elettronico, data la sua piccola area superficiale. Ma gli sviluppi tuttora in atto dell'elettronica consentono di accumulare su di una piccola superficie un numero sempre crescente di dispositivi, per cui è ragionevole aspettarsi che nel giro di venticinque anni l'elettronica sarà in grado di rivaleggiare con la retina dell'occhio. Quando la ricerca sarà giunta al punto di sapere come l'in-

formazione elettronica possa essere trasmessa dall'elettronica di un occhio artificiale ai nervi oculari dell'orbita, allora si potrà forse dare la vista ai ciechi.

L'elettronica potrà inoltre aprire nuovi orizzonti nel settore delle protesi, poiché il cervello controlla il resto del corpo attraverso segnali elettrici.

Se si potessero rivelare ed interpretare tali segnali, allora si sarebbe in grado di costruire dei dispositivi microelettronici adatti per l'interpretazione di tali segnali, impiegabili quindi come sostituti di qualsiasi membro del corpo umano.

Si presentano però alcuni problemi connessi allo sviluppo dell'elettronica in questo settore. Naturalmente non vi è alcun problema per quanto riguarda la sostituzione di organi che siano stati persi o danneggiati in seguito a ferite od accidenti vari. Vi sono problemi invece per ciò che concerne la riparazione, se così si può dire, di difetti genetici. La propagazione di tali difetti ha trovato un ostacolo nelle leggi della selezione naturale; infatti, gli individui handicappati sono di solito molto limitati nelle loro possibilità di procreare, quando non sono, come più spesso capita, totalmente inabili alla procreazione.

Tuttavia i difetti genetici tendono a permanere. Qualora, grazie alla microelettronica, si riuscisse a ristabilire nelle loro piene facoltà individui geneticamente menomati, questi sarebbero messi in grado di condurre una vita normale e perciò di procreare esattamente come gli altri. Ciò significherebbe però innescare una bomba genetica a tempo. Sarà necessario stabilire una opportuna legislazione in base alla quale si dovrà stabilire chi potrà avere figli e chi no; solo così si potrà fare in modo che fra le generazioni future vi siano ben pochi individui handicappati, e presumibilmente neanche uno.

CAPITOLO 7

STRUMENTI POTENTI O ARMI POTENTI

Chiunque si preoccupi delle possibili conseguenze della microelettronica per il futuro della nostra società, deve anche considerare quegli aspetti dell'attività umana dai quali i computer dovranno essere banditi.

I computer e la microelettronica potranno fare molto nei prossimi venticinque anni per migliorare la qualità della vita. Sarà però necessario emanare delle apposite leggi per escludere dall'impiego dei computer tre precisi settori: il conteggio dei risultati elettorali, il trasferimento fra banche di grosse somme di denaro, e le operazioni di borsa.

Consideriamo dapprima il conteggio dei risultati elettorali. È senz'altro molto più semplice forare una scheda elettronica che mettere una croce di fianco ad un nome su di una scheda. Le schede perforate vengono infatti rapidamente immesse in un computer e, voilà, i risultati elettorali sono disponibili alle reti televisive prima ancora che vengano chiusi i seggi. Inoltre i computer sfornano tante statistiche da soddisfare anche i più accaniti scommettitori.
Ora mi chiederete: ma che c'è di male ad impiegare i computer nel conteggio dei voti delle elezioni? La risposta è che ciò facilita gli imbrogli.

Le società che per prime hanno prodotto i computer che vengono impiegati per il conteggio dei voti indubbiamente avranno qualcosa da obiettare, e difenderanno a spada tratta i loro prodotti. Sosterranno ad esempio che hanno fornito tutte le possibili precauzioni onde evitare frodi. Due computer ad esempio possono essere usati in parallelo proprio per controllare i risultati finali. Inoltre chiunque potrà control-

lare direttamente la correttezza dei risultati forniti dal computer prendendosi la briga di andare a contare personalmente le schede che sono state votate. Non ho nulla da obiettare contro questi criteri di salvaguardia dalle frodi, sono anche pronto ad ammettere che nel prossimo futuro le società in questione ideeranno altri accorgimenti sofisticati per impedire che dei sabotatori falsifichino i risultati elaborati dai computer. Il mio punto però è un altro. Si tratta infatti di prendere atto che l'impiego dei computer ha ridotto di molto il numero delle persone addette al conteggio dei voti. I computer hanno sottratto all'occhio umano, in definitiva al controllo del pubblico, ogni procedura di conteggio dei voti. È banale asserire che affinché si possa rivelare una frode perpetrata mediante computer, è necessario che qualcuno si accorga della frode. Ma se coloro che hanno il compito di rilevare delle eventuali frodi fossero in combutta con chi le perpetra, come la metteremmo?

Se la struttura del potere politico che sovraintende alle elezioni fosse interessata a corrompere i programmatori, ed a manipolare i programmi, che potrà mai succedere in tal caso? Il computer sarà pronto a servire con la stessa efficienza sia il corruttore che la persona onesta la quale vorrà invece salvaguardare i diritti dell'elettorato.

È molto improbabile che dei gruppi di opposizione estremisti o radicaleggianti si trovino nella posizione di manipolare le procedure di conteggio dei voti mediante computer. Gruppi o persone del genere hanno sempre mille occhi puntati addosso, in particolare quelli di coloro che controllano da vicino tutti i procedimenti elettorali, detengono la maggior parte del potere, e quindi stanno molto all'erta in occasione di consultazioni elettorali. Ma è proprio da questa parte che vengono i pericoli maggiori, perché potrebbero essere presi dalla tentazione di perpetuare il potere illegalmente, manipolando le procedure di conteggio dei voti, e per fare una cosa del genere avrebbero molto meno problemi di un gruppo ultra-minoritario di opposizio-

ne.

Se la struttura del potere politico che controlla le elezioni intendesse perpetrare una frode, è chiaro che potrebbe fare una cosa del genere con computer o anche senza. Uno dei primi successi elettorali di Lyndon Johnson, quello che gli procurò il soprannome di "valanga Johson" potrebbe aver avuto origine da qualche voto non esistente o fasullo che sia stato aggiunto alla sua lista in una circoscrizione. Se una cosa del genere, indubbiamente fraudolenta, ha potuto verificarsi, è stato perché LBJ era comunque ad un passo dalla vittoria. Infatti supponiamo che egli fosse stato perdente su scala nazionale per un margine del due o tre percento. Difficilmente si sarebbe potuto ristabilire la situazione a suo favore alterando i risultati in una o due circoscrizioni elettorali soltanto, perché una frode del genere non avrebbe potuto passare inosservata, e vi sarebbe stata una inchiesta. Un computer potrebbe però essere programmato in maniera da spostare a caso il quattro o cinque percento dei voti in ogni circoscrizione elettorale, cioè abbastanza da assicurare un confortevole margine dell'un per cento al vincitore senza portare ad una alterazione sensibile dei risultati in nessuna sede elettorale in particolare, cioè senza che potesse sorgere alcun sospetto sull'esito delle votazioni di qualche distretto. In ultima analisi, un candidato sconfitto potrebbe sempre richiedere il conteggio manuale dei voti; ma anche se così facendo diventasse possibile rivelare che vi è stata una frode, i politici responsabili potranno sempre sostenere facilmente la loro completa estraneità, mentre qualche programmatore disonesto avrà sempre fatto in tempo a defilarsi.

In sintesi il problema è il seguente: i computer fanno enormemente aumentare il numero delle frodi possibili in una competizione elettorale, per il semplice fatto che essi sono ugualmente al servizio sia degli onesti che dei disonesti.

Le probabilità che vengano usati dei computer per manipolare risultati elettorali non sono poi molto elevate. Ma se una cosa del genere potesse succedere, le conseguenze sa-

rebbero molto gravi.

Ma quali sono i vantaggi che ricaviamo esponendoci a dei rischi così grossi? L'impiego dei computer ha indubbiamente reso il processo del conteggio dei voti da un lato più veloce, dall'altro meno costoso. Ma ne valeva veramente la pena? Io sostengo di no.

Avere la possibilità di fornire i risultati delle elezioni la sera stessa del giorno in cui sono stati chiusi i seggi, piuttosto che la mattina del giorno dopo, certamente non rappresenta un compenso adeguato per i rischi che si corrono mettendo a repentaglio la sicurezza delle elezioni. Dopo tutto il conteggio a mano dei voti non è un procedimento molto costoso. Le libere elezioni sono la base della democrazia. Bisogna che il maggior numero possibile di persone venga coinvolto nelle procedure elettorali, e bisogna fare ogni cosa pur di evitare la manipolazione dei voti. L'uso dei computer nel conteggio delle schede elettorali deve essere a mio avviso bandito.

E passiamo ora alle banche. Lo sconsiderato abbandono con cui le banche affidano le loro operazioni ai computer è causa di serie preoccupazioni. Già ora tutti i procedimenti di tenuta dei registri e di elaborazione dei dati sono svolti da computer, però le varie operazioni possono subire un controllo da parte chi ha accesso ai documenti scritti.

Le banche hanno indubbiamente delle ottime ragioni per impiegare i computer nel disbrigo delle operazioni quotidiane di tenuta dei conti e dei registi. Esse sarebbero praticamente incapaci di operare al livello di efficienza, e con la velocità con cui operano se non ci fossero i computer a seguire le varie operazioni sui depositi, a fornire gli estratti dei conti correnti, e a compiere tutte le altre operazioni connesse con il maneggio del denaro. È indubbio però che le banche abbiano passato il limite che vi è fra l'efficienza operativa e la responsabilità fiscale usando dei computer per il trasferimento di somme di denaro. Stiamo parlando del cosiddetto "trasfermento elettronico di fondi".

Per avere una idea corretta dell'importanza di tale pro-

blema, pensiamo per un attimo alla questione generale dei furti alle banche.

Ovviamente le banche rappresentano un obiettivo privilegiato per i ladri, per il semplice fatto che lì sono i soldi. Vi sono però due aspetti diversi da prendere in considerazione. Il primo è l'ammontare di denaro che un ladro può rubare. Il secondo è il metodo che un ladro usa per rubare.

Un rapinatore che faccia irruzione in una banca sa che la sua azione in qualche modo si svolge allo scoperto. È per questo che cerca di impadronirsi di tutto quello che può arraffare al momento. Così abbiamo la classica scena del tipo che entra in una banca con fare insospettabile, punta una pistola sulla faccia di un cassiere, e si impadronisce dei soldi che il cassiere ha a portata di mano. Una rapina da quattro soldi come questa si svolge ovviamente del tutto allo scoperto, perché, ad esempio, è molto probabile che il rapinatore venga subito fotografato con qualche obiettivo ben piazzato. Per di più, non è che il rapinatore se ne vada con molti soldi, perché il contante che un cassiere può avere a portata di mano non rappresenta certo la maggior parte dei fondi di cui una banca dispone.

Un rapinatore più ambizioso potrà cercare di avere accesso ai forzieri oppure di assaltare il vagoncino adibito ai trasporti, ma anche in questo caso non è che le cose cambino di molto, perché una azione del genere è molto probabile che venga scoperta in brevissimo tempo, di modo che i rapinatori devono agire in gran fretta ed arraffare subito quello che possono, ed anche in questo caso non è mai molto, visto che ciò di cui si possono impadronire è al massimo la somma di denaro che si trova in cassa.

Chi intenda fare una rapina agendo all'interno di una banca, si trova in una situazione completamente diversa e può ragionevolmente sperare di poter farla franca, almeno per un po' di tempo. Un impiegato può manipolare delle somme, trasferendo dei fondi su opportuni conti correnti, da cui i suoi complici possono attingere. Inoltre un impiegato

può notoriamente alterare i registri in maniera tale da sfuggire ad un controllo superficiale. Un controllo approfondito permetterà in seguito di accettare la frode, ma l'impiegato fedifrago avrà presumibilmente preso il largo in tempo.

Ma quando la tenuta dei registri di una banca viene affidata ad un computer, allora siamo di fronte alla situazione classica in cui il computer è al servizio sia della banca sia di un imbroglione. Da una parte un computer è in grado di controllare se, ad esempio, un impiegato disonesto sta combinando qualche trucco, ed è perfettamente in grado di dare l'allarme mettendo in guardia contro manipolazioni illecite.

Dall'altra parte vi è però la possibilità che un programmatore, ad esempio, aggiunga al computer alcuni programmi non autorizzati. Oppure un programmatore, che sia a conoscenza dei programmi legittimi di un computer, può avvantaggiarsi di qualche punto debole della logica del programma per manipolare i dati che vengono forniti al computer stesso. In tal caso il computer è al servizio dell'imbroglio.

È molto probabile che la maggior parte degli imbroglioni che si sono serviti di computer, siano riusciti ad evitare di essere scoperti. E questo succede perché nel fare i conti, i computer sono molto ma molto più bravi degli esseri umani. Supponiamo che un programmatore cerchi di impadronirsi di una certa somma e che un ragioniere in carne ed ossa cerchi di individuare la frode facendo un controllo.

Personalmente scommetterei sul fatto che il programmatore riuscirà comunque a sfuggire al suo controllore.

Don Parker, famoso esperto di azioni criminose perpetrabili mediante computer della SRI International (che una volta si chiamava Stanfor Research Institute) racconta la storia di un ispettore del personale di una società (il cui nome si rifiuta costantemente di fare). Questi si insospettì un giorno alla vista di un paio di magnifiche Rolls Royce Camargue nel parcheggio della innominata società. Successive indagini indicarono in due programmatori del dipartimento della elaborazione dei dati i proprietari delle stupende vetture.

In seguito alla scoperta, il nostro ispettore del personale, ormai piuttosto preoccupato, decise di avviare una approfondita inchiesta sull'operato del dipartimento dell'elaborazione dei dati. La cosa insospettì ovviamente i due programmatori, i quali, insieme alle rispettive macchine, si involarono per il Brasile. L'inchiesta avviata proseguì in loro assenza, ma tuttora la società per la quale lavoravano non è in grado di dire esattamente che cosa abbiano in realtà combinato quei due. Se non avessere ceduto al desiderio di ostentare le loro Rolls Royce, molto probabilmente avrebbero continuato a fare parte della "maggioranza silenziosa" dei criminali del computer, di coloro cioè che non vengono mai scoperti.

Il programmatore che voglia fare imbrogli si trova in una situazione privilegiata rispetto al semplice impiegato animato da analoghe intenzioni, perché come abbiamo ripetutamente fatto osservare il computer lavora seguendo le istruzioni che gli impartisce il programmatore. Sia l'uno che l'altro non sono però in grado di appropriarsi illegittimamente di somme di denaro molto consistenti; perché un furto si può fare quando l'ammontare di denaro in gioco è più o meno quello di una ordinaria operazione bancaria. Le cose diventano troppo difficili per un malintenzionato che volesse falsare dei registri per far sparire delle quantità di denaro eccessive.

Quando si incassa un'assegno, si compie una operazione nella quale entrano in gioco due banche, quella che ha emesso l'assegno e quella che lo incassa. In ultima analisi le banche devono regolarsi i debiti fra loro, perché quella che incassa l'assegno diventa debitrice di denaro della banca che lo ha emesso. Fino a poco tempo fa questo genere di trasferimenti di denaro fra banche veniva compiuto mediante certificati o altra documentazione scritta. Da qualche tempo le banche hanno preso a servirsi di trasferimenti di fondi con mezzi elettronici per regolare le loro transazioni finanziarie, o anche semplicemente per trasferire delle somme di denaro

in un certo posto dietro richiesta di un cliente. Invece di spedire un pezzo di carta od un documento, una banca invia un messaggio tramite computer, che dice in sostanza "supponete di aver ricevuto un pezzo di carta in cui viene riportata una certa operazione e regolate i dati in possesso del vostro computer di conseguenza". Ora guardiamo alle nuove prospettive che sono aperte per i ladri. Non esistono più i problemi rappresentati, ad esempio, dalla relativa facilità con cui una succursale di una banca può subire un controllo, o dai fondi limitati di una succursale, o dalla relativa quantità di denaro che entra in gioco in una transazione bancaria. Un imbroglione che lavori all'interno del sistema elettronico di trasferimento di fondi non potrà mai essere acciuffato, a meno che entrambe le banche interessate al trasferimento decidano di operare un controllo presso entrambe le sedi, quella dalla quale è partito il trasferimento illegale di soldi e quella alla quale è arrivato. Occultare il crimine diventa facile dal momento che è più difficile rilevare un disaccordo fra due insiemi di registri che si trovino in sedi separate. Inoltre l'ammontare dei soldi che possono essere illegalmente sottratti aumenta perché usualmente le operazioni di trasferimento fra banche comportano il movimento di ingenti somme di denaro. Per fare un esempio nel 1978, il signor Stanley Rifkin fu accusato del furto di dieci milioni di dollari compiuto in un solo trasferimento di denaro fra due banche, trasferimento ovviamente truccato. Una grossa banca può trasmettere e ricevere qualcosa come un miliardo di dollari in un giorno usando il trasferimento elettronico di fondi; al confronto di tale cifra, dieci milioni di dollari si riducono ad una bazzecola. Un malintenzionato che lavori all'interno di una filiale avrebbe notevoli difficoltà a far sparire dieci milioni di dollari in un colpo solo senza lasciare traccia. Far sparire in un colpo solo un centinaio di migliaia di dollari potrebbe essere un obiettivo ambizioso ma realizzabile; per rubare dieci milioni di dollari però uno dovrebbe far sparire appunto un centinaio di migliaia di dollari perlomeno un centinaio di

volte, la qual cosa non farebbe che aumentare di un fattore cento la probabilità di essere scoperti.

Chi scrive ha frequentemente denunciato la pratica dei trasferimenti elettronici nel corso di diverse conferenze tenute a professionisti. E ogni volta c'è sempre stato qualcuno pronto ad insorgere in difesa dei trasferimenti elettronici sostenendo che è praticamente impossibile decifrare o alterare anche uno solo dei messaggi da computer a computer che sono implicati in operazioni del genere. Ed in effetti è vero che tali messaggi sono "cifrati". Un codice cifrato rappresenta come è noto uno schema in cui le lettere vengono sostituite fra loro. Consideriamo un semplice esempio di codice alfabetico cifrato.

Sostituiamo la serie:
ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
con quest'altra:
KRLAJQPBYMGXCWHNDOIVEUZFST.
Ora la frase:
ONE HUNDRED DOLLARS (cento dollari)
diventa
HWJ BEWAOJA AHXXKOI.

I computer sono in grado di fare uso di codici cifrati ancora più complicati. Infatti non dividono i dati in parole, ma in qualche maniera allungano all'infinito i dati in una serie di zeri e di unità. Un computer può prendere un numero qualunque di unità e di zeri consecutivi come una unità arbitraria, e far variare a sua scelta gli zeri in unità e viceversa in tutte le maniere possibili.

In tal modo un computer può generare dieci miliardi o cento miliardi di codici cifrati diversi con uguale facilità. Ciò significa che chi volesse decifrare un messaggio, avrebbe ad esempio una probabilità su un trilione di capire il codice e di alterare il messaggio. Ma non è qui il problema. La ragione per la quale sia le banche che i computer fanno un grande affidamento sui loro schemi cifrati consiste nel fatto che si è trovata una soluzione ovvia ad un problema banale. Come

al solito, il problema riguarda l'interno della banca. Se un impiegato intende trasmettere illegalmente un messaggio allo scopo di stornare dei fondi, non c'è codice cifrato che possa impedirgli di farlo. Per di più, è da considerare che il trasferimento elettronico di fondi ha portato all'aumento della somma di denaro che può essere sottratto in una operazione singola, per cui il ladro che riuscisse nell'impresa avrebbe di che vivere nel lusso per il resto dei suoi giorni. Se il signor Rifkin di cui abbiamo parlato prima fosse riuscito a fuggire con i suoi dieci milioni di dollari, avrebbe senz'altro potuto vivere il resto dei suoi giorni nella maniera più confortevole, sia pure da fuorilegge. Però il signor Rifkin è stato preso, mi si potrebbe obiettare. Certo, ma a causa della sua stupidità. Infatti pare che egli avesse parlato con dei suoi amici, i quali a loro volta misero in allarme l'FBI. Ma quando gli agenti dell'FBI si presentarono alla banca alla quale erano stati sottratti i soldi, nessuno si era ancora accorto del furto.

Per ogni signor Rifkin che viene preso, ve ne sono probabilmente altri cento che la fanno franca. In effetti se si considera la maniera stupida con la quale vengono scoperti i crimini commessi coi computer, vi è motivo di preoccuparsi seriamente per le imprese di criminali svegli ed intelligenti.

I problemi connessi con il trasferimento elettronico dei fondi non si esauriscono peraltro con le fraudolente transazioni da banca a banca. I ladri dimostrano sempre maggiore fantasia delle banche. Un esempio famoso di ladro intraprendente è quello di un certo Dr. No.

Il dottor No stabilì una banca nella piccola isola di Sark, nella Manica. La saga della banca di Sark, insieme ad altre storie affascinanti di frodi, è raccontata in modo brillante in "The Fountain Pen Cospiracy" (La cospirazione della penna stilografica). Autore del libro è il giornalista del Wall Street Journal, Jonathan Kwitny. Raccomando vivamente la lettura di tale libro a tutti coloro i quali sono convinti che le banche sanno quello che fanno e sono al sicuro dalle frodi. Quando il dottor No fondò la Banca di Sark, non

aveva quattrini. Stampò dei "certificati di deposito", che sono l'equivalente degli assegni per i trasferimenti di denaro fra banche, e sono oggi sempre più sostituiti dal trasferimento elettronico. Se si paga al supermercato con un assegno da $ 50, il supermercato che incassa l'assegno assume ovviamente che questo sia coperto. In maniera analoga si può usare un certificato di deposito della Banca di Sark per incassare soldi da un'altra banca, ad esempio di New York. La banca di New York assumerà allora che la banca di Sark abbia fondi sufficienti per coprire il certificato di deposito in questione. Ora torniamo al caso del supermercato; se l'assegno da $ 50 con cui avete pagato risulta scoperto, la cosa che può succedere è che il personale del supermercato cerchi di rintracciarvi. Ma non era mai successo una cosa del genere fra banche per i certificati di deposito, non era mai successo che una banca senza fondi emettesse un certificato di deposito. Una cosa del genere si verificò invece con la Banca di Sark. Duecento milioni di dollari di certificati di deposito privi di valore vennero onorati da banche di tutto il mondo prima che la frode venisse scoperta. Nel frattempo il personale della Banca di Sark era sparito.

Ne consegue che abbiamo motivo di preoccuparci non solo di singoli furti compiuti da individui isolati, ma anche di frodi massicce, compiute da individui dotati di fantasia, da autentici geni del crimine.

Nel trasferimento elettronico di fondi vi sono ampie possibilità di compiere frodi enormi, e la situazione è tale per cui il responsabile di una frode ha tutto il tempo di mettersi al sicuro prima che la sua impresa venga scoperta. In effetti, l'aristocrazia del denaro del prossimo secolo ventunesimo potrebbe benissimo essere costituita dai figli e dai nipoti dei criminali che si sono arricchiti alle spalle del nostro sistema bancario grazie alle frodi rese possibili dal trasferimento elettronico di fondi.

E quale è poi il vantaggio di una operazione quale il trasferimento elettronico di fondi? Le banche sono messe in

grado di aggiustare i loro conti all'istante, invece di aspettare qualche giorno. Tutto ciò comporta un modesto risparmio di denaro. Ed i piccoli risparmi che così si realizzano rappresentano forse un compenso ai rischi cui ci si espone? Io penso di no. E si è forse dato il caso che delle imprese finanziarie abbiano dimostrato di essere capaci di scoprire una frode, una volta che questa è stata perpetrata? Hanno dimostrato invece di non essere in grado di scoprire frodi all'interno delle singole filiali di una banca, e quindi a maggior ragione di non essere in grado di risolvere i ben più difficili problemi connessi ai trasferimenti da banca a banca.

Ritengo personalmente che sia urgente varare delle leggi che proibiscano i trasferimenti elettronici di fondi, e che impongano specificatamente che tutti i trasferimenti fra banche avvengano per mezzo di carta stampata. La legge da me auspicata dovrà ovviamente essere valida fino a quando non verranno messe in atto delle sicure garanzie contro l'uso criminoso dei computer; si dovrà trattare di garanzie tali da risultare soddisfacenti ad un comitato di critici e di esperti di problemi industriali.

Ritengo sia urgente che le banche rendano pubblico ogni caso di furto, con particolare riferimento alla illecita sottrazione di denaro perpetrata mediante computer o in un trasferimento elettronico. Le banche tendono come è noto ad occultare tali casi quando si verificano, per paura della pubblicità "negativa". Ritengo invece che le banche starebbero molto più attente nell'uso dei computer o nel compiere trasferimenti elettronici qualora venisse data pubblicità ai casi scoperti di appropriazioni indebite.

Per quanto riguarda poi un mercato delle azioni regolato elettronicamente, è chiaro che presenterebbe gli stessi pericoli di cui abbiamo discusso a proposito del trasferimento elettronico di fondi. Se i dati relativi a tutti gli ordini di vendita o di acquisto di azioni che raggiungono la borsa di New York o l'American Stock Exchange venissero forniti ad un computer, allora sarebbe possibile fare a meno di tutti gli

specialisti e gli esperti dei mercati azionari, in quanto sarebbe un computer a prendere cura degli ordini ed a fissare i prezzi. Ma anche qui quale sarebbe il vantaggio? Gli esperti di operazioni finanziarie di borsa sono spesso definiti dei parassiti, ma quanto viene poi a costare la loro opera? Diciamo che viene a costare molto in assoluto, ma non poi tanto se pensiamo a quanto incide in percentuale il prezzo della loro opera rispetto al volume di affari che viene concluso in un giorno in una borsa. La sostituzione degli esperti dei mercati azionari con dei computer ci esporrebbe al rischio di frodi ancora più massicce di quelle che vengono compiute nei trasferimenti elettronici, anzi queste ultime si ridurrebbero addirittura a proporzioni ridicole.

In un giorno solo nei mercati azionari degli Stati Uniti si realizza un giro di affari per una cifra compresa fra un miliardo ed i dieci miliardi di dollari. Vi sono migliaia di comparatori e migliaia di venditori in migliaia di borse diverse e di mercati azionari diversi. Una volta che tutte le operazioni fossero affidate ad un computer, chi sarebbe più in grado di individuare un agente di cambio disonesto che operi in una legittima agenzia? Chi potrà mai scoprire un imbroglio come quello della Banca di Sark? Chi potrà mai garantire che fra i programmatori incaricati del sistema centrale del computer non si annidi qualche malintenzionato? Nessuno potrà fare una cosa del genere, perché semplicemente si è in grado di scoprire solo i crimini che si possono prevedere. A costo di ripetermi, dichiaro ancora una volta che eliminando tutti gli specialisti dei mercati finanziari si realizzerebbe un risparmio irrisorio e per di più ci si esporrebbe ai rischi tremendi connessi all'impiego senza scrupoli dei computer in un settore in cui sarebbe ben difficile tenere dietro alla fantasia di criminali agguerriti. Ritengo pertanto che si debbano promulgare delle leggi che bandiscano le operazioni di borsa tramite computer. I rischi sono troppi, ed i vantaggi del tutto irrisori. I pericoli di cui abbiamo discusso fin ora, connessi alla irruzione dei computer nel sistema bancario, nel mercato fi-

nanziario e nei sistemi elettorali, possono essere ben focalizzati guardando all'esempio del famoso incidente avvenuto nella centrale nucleare di Three Miles Island nel marzo del 1979. Per molti anni i costruttori di impianti nucleari si sono dati da fare per assicurare il pubblico che le centrali nucleari non comportano alcun rischio, e che contro l'eventualità di ogni concepibile errore sono stati ideati opportuni controlli. È probabile che i progettisti degli impianti nucleari credessero effettivamente alle assicurazioni che andavano diffondendo. Il fatto è che un accidente si è poi verificato in realtà. E perché mai si è verificato? Semplicemente perché i progettisti sono in grado di cautelarsi solo nei confronti degli incidenti possibili, quelli che essi sono in grado di prevedere. Non avrebbero certo potuto cautelarsi nei confronti di incidenti che non erano in grado di prevedere. Ma è proprio da quella parte che vengono inevitabilmente i guai.

La stessa cosa si verifica nel caso dell'impiego dei computer in settori delicati come quelli di cui abbiamo parlato, vale a dire le operazioni di trasferimento elettronico di fondi, il conteggio dei voti delle elezioni e le transazioni finanziarie nei mercati delle azioni. Le banche possono benissimo munirsi di tutte le garanzie immaginabili nel compiere operazioni come appunto il trasferimento elettronico di fondi; come pure la U.S. Securities and Exchange Commission può adottare tutti i provvedimenti protettivi possibili per garantire il corretto svolgimento delle operazioni finanziarie in un mercato azionario regolato dall'elettronica; e garanzie possono anche darci i progettisti di computer addetti al conteggio dei voti. Resta sempre il fatto che gli individui in questione, personale delle banche o membri di commissioni di controllo, o progettisti di computer addetti a funzioni delicate, sono pur sempre esseri umani ed i loro sforzi trovano un limite nella loro immaginazione. Vale a dire, non sono in grado di fornirci alcuna garanzia nei confronti di rischi che non sono in grado di prevedere. E a questo punto ci dobbiamo chiedere se vale la pena correre i rischi che gli esperti non so-

no in grado di prevedere, per realizzare risparmi economici che invece siamo ben in grado di calcolare.

Il Congresso degi Stati Uniti ha iniziato dei lavori per introdurre opportuni strumenti legislativi in materia di crimini compiuti per mezzo di computer e per stabilire delle garanzie contro la loro eventualità. A tutto il maggio 1979 quindici leggi distribuite in ben dodici stati USA sono state emesse o stavano per essere emesse proprio nel settore della criminalità computerizzata. Don Parker della SRI International è preoccupato del fatto che benché alcune leggi siano attentamente congegnate e quindi probabilmente efficaci, altre invece risulteranno inappropriate ed inefficaci precisamente perché troppo legate nella loro formulazione allo stato della tecnologia degli anni in cui sono state emesse, per cui saranno decisamente superate nel giro di pochi anni.

Parker, che è un consulente di sistemi di management, fa osservare che prendendo alla lettera la stesura originale della legge proposta al senato da Abraham A. Ribicoff, denominata Senate Bill 51766 (effettivamente discussa al Senato USA nel 1976), avrebbe dovuto essere condannato ad almeno quarant'anni di carcere. Secondo tale proposta di legge, avrebbero dovuto essere dichiarati illegali parecchi innocenti giochi molto diffusi fra i programmatori. Nella legge presentata nel 1976 veniva proposta la stessa condanna per lo stesso numero di anni di carcere ad un programmatore che si fosse divertito a formare un calendario "Snoopy" del tipo non autorizzato e ad un programmatore che avesse eseguito dei programmi per stornare illegalmente dei fondi da una banca.

Alcuni stati, come la Florida e l'Arizona, ansiosi di legiferare su di una materia che ritenevano bisognosa di improrogabile attenzione, hanno preso alla lettera la proposta di Ribicoff e l'hanno subito trasformata in legge operante. Di conseguenza sono prevedibili nel futuro diverse battaglie legali, nella misura in cui il potere discrezionale dell'esecutivo, fissati nella proposta di Ribicoff, vengono estesi oltre ogni li-

mite ragionevole, secondo quanto asserisce appunto Parker. Ma forse tale estensione dei poteri discrezionali viene introdotta per compensare l'inadeguatezza della legge a trattare tutti i crimini che si possono perpetrare mediante computer. Vi è tuttavia una certa speranza. Don Parker si dice fiducioso del fatto che le leggi adottate dallo stato della California in materia di criminalità computerizzata verranno prese come esempio anche da altri stati. La proposta di legge di Ribicoff è stata corretta e modificata, poi ripresentata al Senato e sarà ulteriormente revisionata dalla apposita Sottocommissione del Senato e dal Dipartimento della Giustizia degli Stati Uniti. Dovebbe passare al Senato quanto prima per essere poi votata dalla Camera dei Rappresentanti nell'anno successivo.

Secondo quanto riferito dalla Computer and Business Equipment Manufacturers Association più di 130 articoli di legge USA concernenti la sicurezza e la protezione dei diritti privati nell'impiego dei computer sono stati introdotti dal 1 Gennaio 1979 e sono diventati operanti in diversi stati.
La maggior parte dei provvedimenti legislativi adottati riguardano i problemi dell'uso del computer a fini delittuosi, nella registrazione dei crediti, e crimini vari. L'associazione summenzionata, la cui sede si trova a Washington, ha dichiarato nel suo rapporto sullo stato della legislazione statale del 1979 che "i problemi connessi all'uso criminoso dei computer hanno ricevuto maggiore attenzione che nel passato, grazie alla azione della stampa che ha reso di pubblico dominio alcuni casi di impiego delittuoso dei computer, anche se i pochi casi discussi non erano tra quelli più rilevanti".
Viene qui data una lista dei 15 provvedimenti legislativi presi nei singoli stati USA nel corso del 1979 nel settore della criminalità computerizzata.

Stato	Numero della legge	Definizione della legge
California	S. 66	Proibizione dell'uso diretto od indiretto di computer, sistemi di computer o reti di computer a scopi criminosi.
Hawaii	S. 504	Proibizione dell'impiego dei computer per scopi criminosi.
Illinois	H. 1027	Si dichiara illegale la alterazione dei programmi di un computer senza il previo consenso del proprietario del computer stesso.
maryland	H. 497	Proibizione delle frodi mediante computer per le quali sono previste delle multe.
Maryland	S. 908	Proibizione delle frodi mediante computer.
Massachusetts	H. 4782	La legge tende a stabilire una legislazione generale per la protezione dei diritti privati in materia di uso dei computer.
Michigan	S. 8408	Proibizione delle frodi mediante computer.
Missouri	S. 230	Regola l'impiego di sistemi e reti di computer.
New Mexico	S. 8	L'abuso dei computer viene dichiarato un atto criminoso.
North-Carolina	S. 397	Dichiara atto criminoso contrario alla legge un qualsiasi crimine connesso all'uso dei computer.
Tennessee	H. 114	Viene dichiarato atto criminale l'uso non autorizzato di computer.
Tennessee	H. 506	Autorizzazione agli impiegati dello stato ad avere accesso a schedari personali
Tennessee	S. 172	Come la H. 114
Tennessee	S. 514	Come la H. 506
Utah	H. 183	Proibizione delle frodi mediante computer.

Sommario sulla legislazione USA in materia di sicurezza e protezione dei diritti privati con riguardo all'impiego dei computer, riportato da *Computer World*, 21 maggio 1979.

CAPITOLO 8

IL SILICIO, OVVERO COME SI PROSPETTA IL NOSTRO FUTURO

Forse il 50% di tutti i posti di lavoro esistenti nel 1978 saranno eliminati nei prossimi venticinque anni. Tale stima si basa su una analisi dei dati forniti dalla pubblicazione mensile "Employment and Earnings" (Lavoro e stipendi), curata dal Bureau of Labor Statistics, nel numero del settembre 1978.

Un pessimista potrebbe arrivare alla conclusione che se tali previsioni dovessero effettivamente avverarsi, in futuro avremo metà della popolazione che andrà a lavorare su macchine corazzate, mentre l'altra metà farà la fame e provocherà in continuazione tumulti politici. Se uno scenario del genere dovesse veramente verificarsi, non è difficile prevedere che la metà vincente sarà quella che si troverà ad essere ridotta sul lastrico.

Molti dei posti di lavoro che dovranno essere eliminati, saranno poi sostituiti da altri di diverso tipo. Non abbiamo infatti detto nulla a proposito delle industrie, che avranno un enorme sviluppo nei prossimi venticinque anni, né abbiamo parlato delle industrie che oggi non esistono, ma che potranno sicuramente sorgere in futuro.

Le industrie che conosceranno il maggior sviluppo sono con ogni probabilità quelle dei telefoni e delle comunicazioni. Se in ogni casa o in ogni ufficio dovranno esserci uno o più terminali, e se ciascun terminale dovrà essere connesso per ore ed ore al giorno ad un apparecchio telefonico, non è difficile pronosticare uno sviluppo fenomenale proprio per

Occupazione	Totale		Impatto*	
	Sett. 1977	Sett. 1978	Percent. di occupazione eliminata	Percent. occupazione totale eliminata
Forza lavoro (in migliaia)	91.247	95.04		
Percentuale	100,0	100,0		**53,7**
Colletti bianchi	49,7	49,8		*16,8*
Professionisti e tecnici	15,2	14,9	*50*	*8,9*
Managers e amministratori				
(non impiegati nell'agricoltura)t	10,8	10,7	*40*	*4,3*
Agenti di vendita	6,3	6,1	*0*	*0*
Impiegati negli uffici	17,4	18,0	*20*	*3,6*
Colletti blu	33,6	33,8		*28,4*
Artigianato ed industria				
Addetti a servizi operativi	13,2	13,4	*90*	*12,1*
eccetto i trasporti				
Addetti ai trasporti	11,4	11,6	*90*	*10,4*
Lavoratori che non operano				
in imprese agricole	3,9	3,5	*90*	*3,4*
	5,1	5,0	*50*	*2,5*
Lavoratori addetti ai servizi	13,6	13,3		*8,5*
lavoratori addetti				
a servizi privati casalinghi	1,3	1,2	*0*	*0*
Altri lavoratori dei servizi	12,4	12,1	*70*	*8,5*
Lavoratori agricoli				
Imprenditori e managers	3,1	3,1	*0*	*0*
di imprese agricole				
Lavoratori agricoli	1,5	1,5	*0*	*0*
ed ispettori del lavoro agricolo				

* Stima fatta prima che si tenesse conto dei nuovi posti che si verranno a creare nell'industria del tempo libero in seguito alla riduzione della settimana lavorativa.

Una tavola riassuntiva dei posti di lavoro che saranno eliminati nei prossimi venticinque anni. Cifre ricavate da "Employment and Savings", vol. 25, n. 10, Ottobre del 1978; tale pubblicazione è curata dallo U.S. Bureau of Labor Statistics. Le previsioni dell'autore sono in corsivo.

le industrie dei telefoni e delle comunicazioni. Nel corso della futura espansione di questo settore verrà fatto largo impiego dei satelliti e dei dispositivi a microonde, mentre si avrà un notevole incremento nel numero e nell'impiego dei cavi telefonici convenzionali. Molte fra le maggiori case produttrici di computer probabilmente sposteranno la loro attività nel settore delle comunicazioni. La IBM si sta già muovendo in questa direzione. Assieme ad essa vi saranno la Xerox, la AT&T e la ITT, per non parlare dello U.S. Postal Service, ammesso che ce la faccia a sopravvivere.

L'industria dei semiconduttori avrà sviluppi impressionanti, e trascinerà nella sua ascesa una miriade di società secondarie. I robot potranno sostituire gli operai alle catene di montaggio, ma vi dovrà sempre essere qualcuno a progettare e costruire i robot. Nel corso degli anni 1977 e 1978 vi sono state molte lamentele negli Stati Uniti in generale, e nello stato della California in particolare per l'alta percentuale di disoccupazione.

Nella Silicon Valley invece le società tecnologicamente più avanzate si trovavano alle prese con ben diversi problemi. Avevano a disposizione molti più posti di lavoro di quanti fossero gli aspiranti, per cui giungevano al punto di rubarsi i dipendenti con annunci via radio. Avevano perfino organizzato dei corsi per fornire a lavoratori privi di conoscenze specifiche le nozioni basilari per compiere quelle mansioni, per le quali mancava il personale. È inevitabile che nel prossimo futuro centinaia e migliaia di nuove società prolifereranno all'ombra dell'industria dei semiconduttori, producendo tutto, dai giochi elettronici ai robot. Quanti nuovi posti di lavoro verranno creati? È difficile dirlo, ma non dovrebbe trattarsi di un numero molto elevato, se teniamo conto dei lavori che verranno invece eliminati. Il numero dei posti di lavoro nell'industria dei telefoni e delle comunicazioni si aggira al giorno d'oggi attorno al centinaio di migliaia (il totale però dipende anche dal tipo di classificazione dei posti di lavoro che viene adottato).

Se le dimensioni dell'industria delle comunicazioni dovessero aumentare di un fattore dieci, ciò non significa che di altrettanto dovrà aumentare il numero dei posti disponibili. È più probabile che il numero dei posti venga semplicemente raddoppiato, in quanto con lo sviluppo dell'automazione, molte mansioni potranno non richiedere manodopera umana. Supponiamo che 5000 nuove società sorgano nell'industria microelettronica, e che ciascuna di esse dia lavoro a circa un centinaio di persone. In base ad una stima del genere, si conclude che vi dovranno essere mezzo milione di nuovi posti di lavoro. Senza contare che le società già esistenti si svilupperanno e ciò comporterà la creazione di altri posti di lavoro.

Ma quanto sarà approssimativamente il totale? Un milione di posti nuovi, oppure due? Anche una cifra esageratamente ottimistica non ci farà avvicinare ai cinquanta milioni di posti di lavoro che potrebbero essere eliminati. Vi è da aggiungere che per le mansioni che rimarranno verranno richieste delle capacità più elevate da parte di chi dovrà svolgerle.

Negli anni che ci attendono i governi dei paesi dell'Occidente industrializzato dovranno affrontare i problemi formidabili della disoccupazione. Su grande scala vi sarà una notevole diminuzione dei posti di lavoro, mentre vi sarà scarsezza di personale specializzato nei settori dell'elettronica e dell'alta tecnologia. Come abbiamo detto, i lavori e le mansioni che non saranno eliminati, richiederanno però molto di più a coloro che li svolgeranno.

Le università dovranno prendere dei provvedimenti per aumentare il numero dei futuri ingegneri e per fronteggiare allo stesso tempo quella che sarà una situazione di studio ed aggiornamento obbligatorio per tutti.

Che ne sarà poi di quelli che rimarranno senza lavoro?

Una soluzione generale del problema potrebbe essere rappresentata dalla riduzione della settimana lavorativa. Supponiamo infatti che il cinquanta per cento dei posti di la-

voro oggi esistenti siano eliminati e che il dieci per cento dei posti eliminati vengano sostituiti con altri. Vi sarebbe allora una perdita netta del quaranta per cento. Riducendo la settimana lavorativa da quaranta a ventiquattro ore, sì potrebbe evitare una disoccupazione massiccia procurando lavoro per tutti. Tale ragionamento si basa ovviamente sull'assunzione, tutt'altro che scontata, che chiunque sarà in grado nel futuro di svolgere una qualche mansione. E si tratta di una assunzione improbabile perché, come già abbiamo fatto osservare, le mansioni che rimaranno da svolgere in futuro richiederanno abilità e specializzazione non indifferenti.

Ma torniamo all'ipotesi della settimana lavorativa ridotta a ventiquattro ore. Se la gente dovrà lavorare così poco, che cosa farà nel resto del tempo? È prevedibile che si avrà un massiccio aumento di tutte le attività connesse al tempo libero.

Il giro di affari di ristoranti ed hotel dovrà subire un vertiginoso aumento, come pure è prevedibile un notevole incremento del traffico turistico, o dell'afflusso ad impianti sportivi di vario genere, come palestre, campi da tennis, campi da golf, piscine ecc.

Vi potrebbe anche essere un rinascimento culturale di massa, nella misura in cui la gente leggerà di più, o frequenterà con più assiduità teatri e sale da concerti.

Potrà invece verificarsi tutto l'opposto per cui la gente si cercherà un secondo impiego per occupare il tempo libero, quando non passerà il tempo a dormire, ad ubriacarsi o a drogarsi.

È peraltro vero storicamente che le arti sono fiorite in quelle società in cui esistevano piccole minoranze che avevano tempo disponibile per le attività superiori dello spirito. Anche gli sport professionistici dovrebbero conoscere un notevole boom, perché l'affluenza del pubblico ai vari spettacoli sportivi dovrà senz'altro subire un incremento. Di conseguenza le cose dovranno andare molto bene per i produttori di articoli sportivi. È dunque abbastanza concepibile

che una settimana lavorativa di trentacinque ore possa dare incremento a tali attività, consentendo il pieno impiego della forza lavoro.

La rivoluzione industriale causata dalla microelettronica porterà a massicci sconvolgimenti. In alcuni settori dell'industria od in alcune aree geografiche vi sarà il problema opposto della scarsità della forza lavoro. Una qualunque politica che si proponga di trovare una soluzione a questi problemi, avrà comunque conseguenze ingrate, perché in ogni caso il risultato delle trasformazioni sociali indotte dallo sviluppo della microelettronica sarà un numero inferiore di posti di lavoro e maggiore disoccupazione. Ma se sapremo adattarci ad una società nella quale la gente lavorerà meno, ed avrà molto più tempo libero, senza che a tutto questo si accompagni una diminuzione della produttività, allora il futuro sarà molto luminoso.

Finora nessuno si è preoccupato delle conseguenze dell'impiego dei computer e dello sviluppo della microelettronica nella società, e neppure del modo in cui viene fatto uso dei nuovi ritrovati della tecnica elettronica. È bene che si cominci a considerare con attenzione tutti questi problemi, per poter correre eventualmente ai ripari prima che sia troppo tardi.

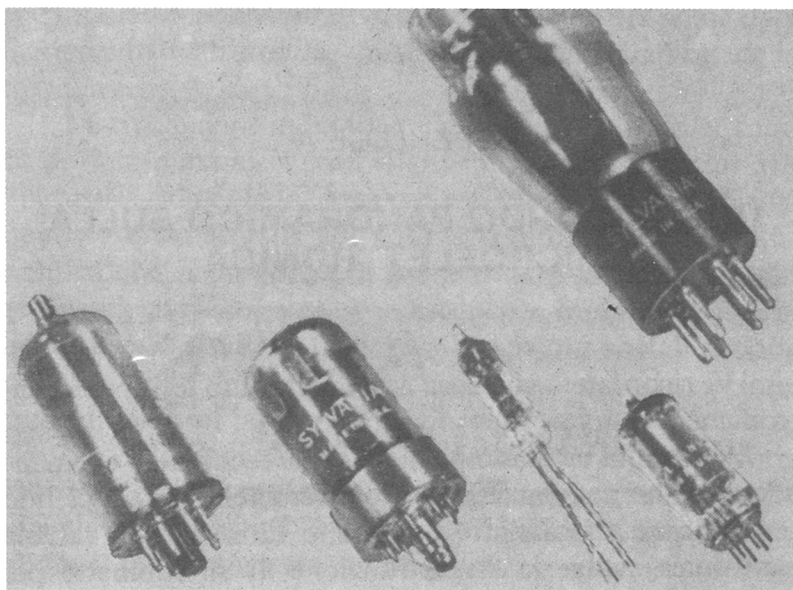
APPENDICE A

UNO SGUARDO PANORAMICO SULLA MICROELETTRONICA

Vi ricordate a che cosa assomigliavano le valvole elettroniche?

Una volta ne erano pieni gli apparecchi radio ed anche adesso se ne possono trovare in diversi televisori. Volendo semplificare al massimo, potremmo dire che una valvola elettronica svolge la stessa funzione di un rubinetto per l'acqua corrente, che lascia scorrere l'acqua in una sola direzione. Analogamente una valvola elettronica lascia passare la corrente elettrica in un solo senso.

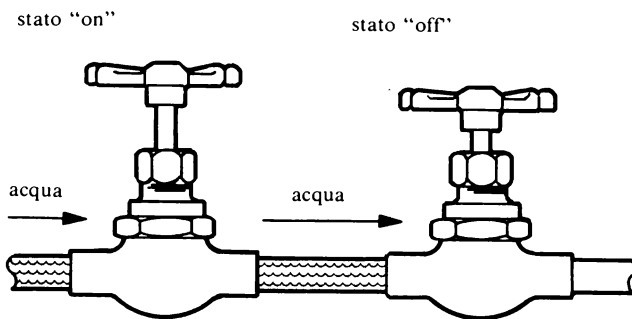
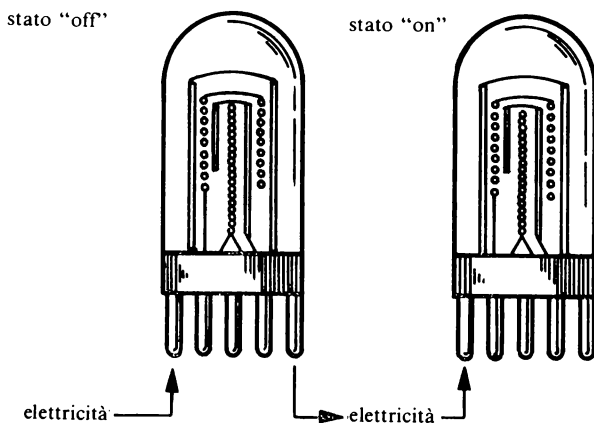
I calcolatori elettronici erano originariamente costruiti con migliaia di valvole. I progettisti di computer dovettero escogitare un modo per compiere calcoli usando le valvole prima ancora di poter costruire i computer con le valvole stesse. E così stabilirono che una valvola nello stato "on" rappresentasse la cifra 1, ed una valvola nello stato "off", rappresentasse la cifra 0. Con una logica di questo genere, un computer era in grado di contare da 0 a 1. Ma è noto che i progettisti di computer sono persone in gamba. Con le due sole cifre 0 ed 1, rappresentate da valvole "on" e "off", sono riusciti ad elaborare dei codici per trattare problemi connessi ad una logica e ad una aritmetica molto complesse.

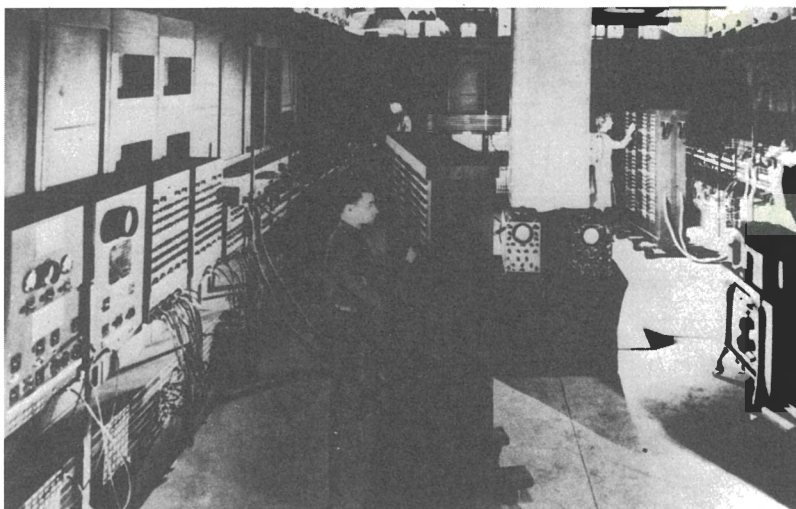
Anche al giorno d'oggi, il computer più potente che esista è in ultima analisi capace solo di riconoscere la differenza fra 0 e 1. Anche per compiere un'operazione così semplice come 2 + 2, un computer deve ridurre il problema a dei passaggi che implichino solo le cifre 0 ed 1. Non ci

Valvole elettroniche.

occuperemo qui del funzionamento dei computer, perché non è necessario. Consideriamo invece quello che una valvola elettronica è in grado di fare.

Intanto una valvola elettronica è un oggetto piccolo, che può essere tenuto nel palmo di una mano; è anche veloce perché può passare dallo stato di "on" a quello di "off" e viceversa circa un centinaio di volte al secondo.

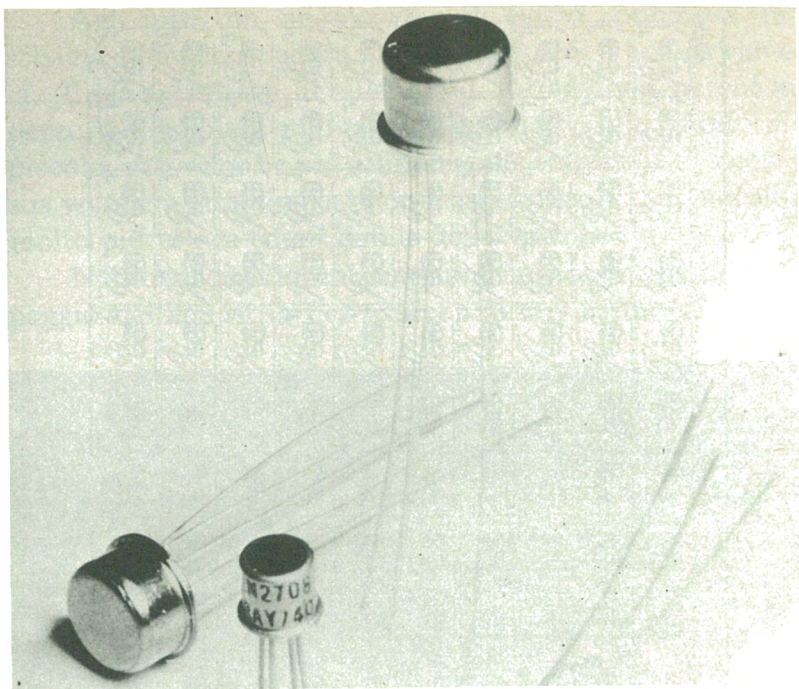
Verso la fine degli anni '50 le valvole vennero sostituite dai transistor. Nella produzione dei transistor viene impiegato un metallo chiamato germanio. I transistor sono molto più piccoli, molto più veloci e molto meno costosi delle valvole.

Grazie ai transistor divenne molto più facile costruire computer, apparecchi radio e televisori, o qualunque altro dispositivo, che prima si basava sulle valvole. Al giorno d'oggi però nessuno usa più i transistor: si usa invece la microelettronica. I dispositivi microelettronici sono importanti perché offrono grandi prestazioni a basso prezzo. For-

Un rubinetto lascia passare l'acqua in una sola direzione.

Analogamente una valvola lascia passare l'elettricità in una sola direzione.

se la maniera più efficace per spiegare il fenomenale impatto economico della microelettronica è fare un paragone fra i dispositivi microelettronici e i francobolli postali. Un foglio di francobolli colorati viene stampato in cinque stadi: si hanno a disposizione cinque colori, fra cui il nero e altri quattro colori che si possono combinare e sovrapporre in modo da formare una figura in una tinta qualunque. Il foglio viene poi

La fotografia mostra il primo computer elettronico digitale del mondo, chiamato ENIAC (dalle iniziali di Electronic Numerical Integrator and Computer). Questo computer fu completato per conto del governo degli Stati Uniti nel 1946. Nei computer che vennero progettati subito dopo l' ENIAC venivano impiegate migliaia di valvole.

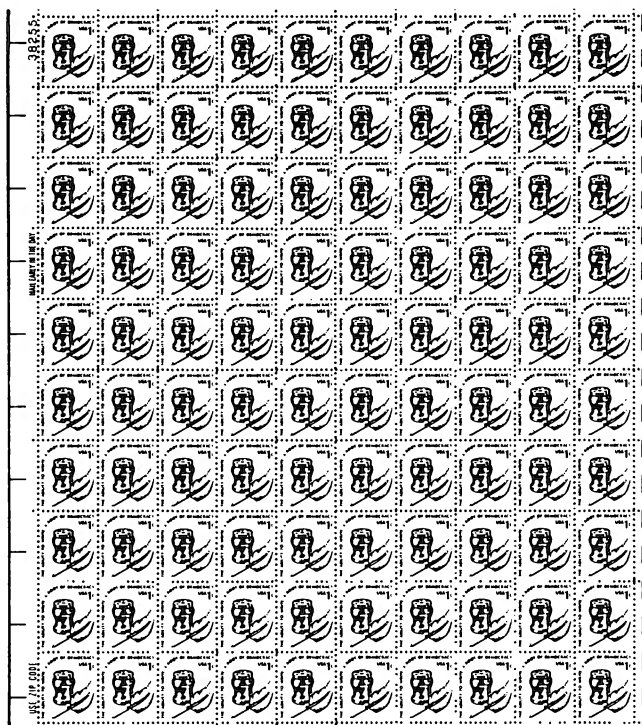
perforato di modo che i singoli francobolli possano essere separati fra loro.

L'equivalente microelettronico della carta sulla quale vengono stampati i francobolli è rappresentato da un disco di silicio di quattro pollici di diametro. Mentre l'equivalente del procedimento di stampatura dei francobolli in cinque stadi è rappresentato da una dozzina o più di procedimenti di lavorazione del silicio, alcuni dei quali sono perfettamente equivalenti ad una operazione di stampatura, in seguito alla quale si ha un foglio di dispositivi microelettronici impressi su di un disco di silicio. Quest'ultimo viene suddiviso in dispositivi microelettronici individuali proprio come un foglio di francobolli viene poi suddiviso nei francobolli. Ciascun dispositivo microelettronico prende il nome di "chip".

Un disco di silicio di dispositivi microelettronici assomiglia in realtà ad un foglio rimpicciolito di francobolli postali.

Per gentile concessione della Raytheon

Il transistor. Le dimensioni, la velocità ed il costo del transistor rappresentarono uno dei più impressionanti progressi nella tecnologia dei computer.

Ora consideriamo da vicino la complessità della stampatura di un francobollo postale. Facciamo l'ipotesi che l'utilità di un francobollo aumenti in proporzione del numero dei quadratini, punti, linee e svolazzi che possono essere disegnati in uno spazio ridotto. Per rendere un francobollo più utile, bisognerà allora stampare disegni sempre più minuti, fino a raggiungere i limiti della miniatura. Le linee diventano così sottili, che in pratica cessano di essere continue e si riducono ad una successione di puntini posti sulle successive corrugazioni della carta su cui vengono stampate. E i puntini, i quadrati e gli altri oggetti solidi, subiranno una decomposizione analoga.

Passiamo ora dai francobolli postali alla microelettro-

Un foglio di francobolli postali le cui dimensioni sono state ridotte fotograficamente.

nica; anche qui abbiamo che l'utilità dei dispositivi microelettronici aumenta in proporzione delle dimensioni sempre più ridotte e della complessità della progettazione. Questo succede perché la valvola elettronica, che a suo tempo si è trasformata in un transistor, si è ulteriormente ridotta ad uno schema ricavato su di un pezzo di silicio. Non fa alcuna differenza che tale schema sia abbastanza esteso da riempire un intero chip di silicio oppure che sia microscopicamente piccolo. In entrambi i casi il funzionamento è analogo. Di conseguenza, con l'assottigliarsi delle linee nel silicio, e con il rimpicciolirsi dei punti, si possono disporre sempre più linee e punti su di una superficie di silicio, ed è proprio in questo che consiste l'utilità dei dispositivi microelettronici.

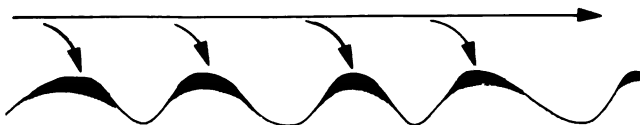
Agli inizi, un singolo chip di silicio conteneva uno schema equivalente ad un singolo transistor o ad una valvola. E già si trattava di qualcosa di formidabile, perché un pezzo di silicio era molto più a buon mercato, molto più piccolo, più veloce e più affidabile del transistor, il quale a sua volta era molto più a buon mercato, molto più piccolo e molto più veloce ed affidabile della valvola.

Nel corso degli ultimi vent'anni, i procedimenti di stampaggio dell'industria dei semiconduttori hanno avuto dei

Per gentile concessione della Intel Corporation

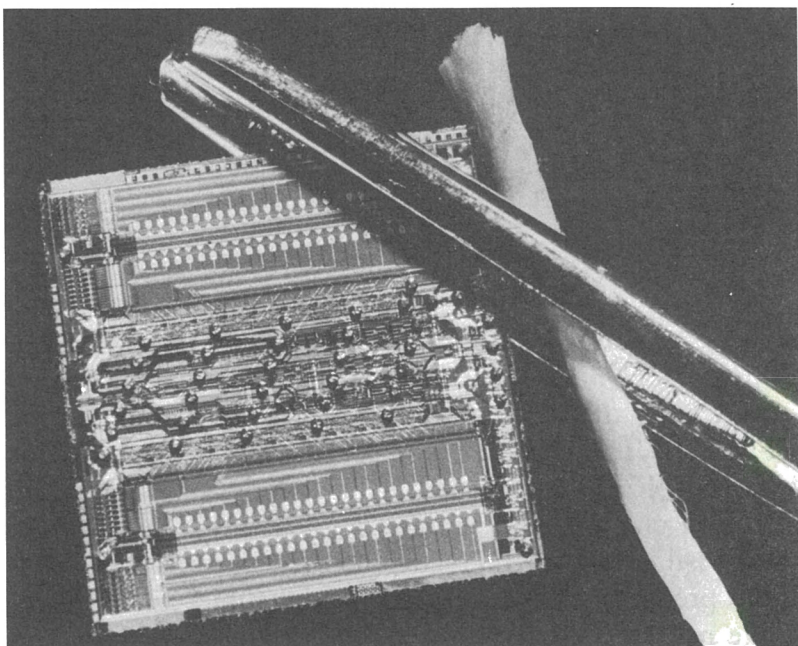
I dischi di silicio, una volta stampati e divisi, appaiono come i fogli di francobolli della figura precedente.

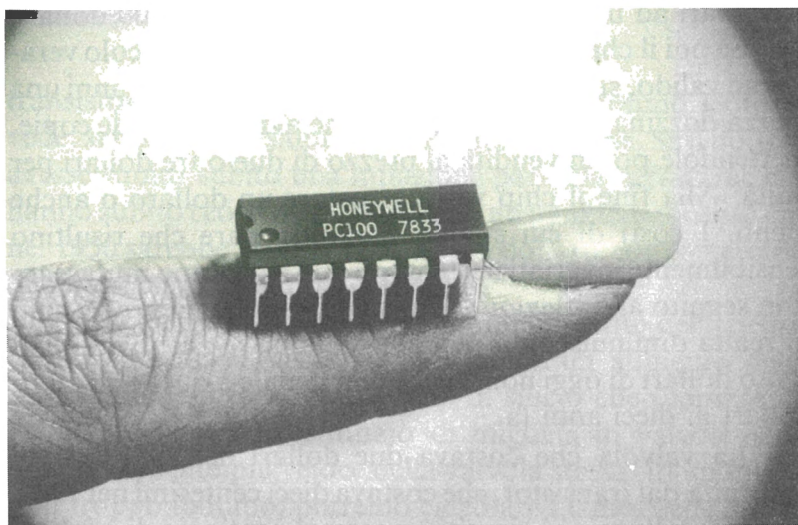
La superficie della carta dovrebbe apparire così vista dall'alto con una apparecchiatura microscopica.

Veduta laterale della stessa superficie di carta che mostra l'inchiostro depositato sulle "corrugazioni" o "colline" della carta.

Le "colline" microscopiche della carta si colorano, mentre le "valli" rimangono intatte.

miglioramenti così impressionanti che, al giorno d'oggi, un singolo chip di silicio contiene l'equivalente di un centinaio di migliaia di transistor e di valvole elettroniche. In altri termini, mentre le dimensioni di un pezzo di silicio non sono cambiate, lo schema impresso su un pezzo di silicio è al giorno d'oggi un centinaio di migliaia di volte più miniaturizzato rispetto a vent'anni fa.

I chip di silicio sono fragili. E questa è la ragione per la quale sono montati in supporti di materiale plastico o ceramico, che assomigliano a degli insetti. L'insetto elettronico viene chiamato Dual In-Line Package, o più brevemente DIP.

Molti tipi diversi di logica elettronica possono essere posti su un chip. Un tipo di logica che viene spesso posta su un chip è l'unità centrale di elaborazione di un computer. Si tratta in effetti del "cervello" del computer, vale a dire di quella parte del computer che compie i calcoli ed esegue i programmi. I chip microelettronici, dotati di tale logica,

Un chip di silicio.

Per gentile concessione della IBM

Per gentile concessione della Honeywell Inc.

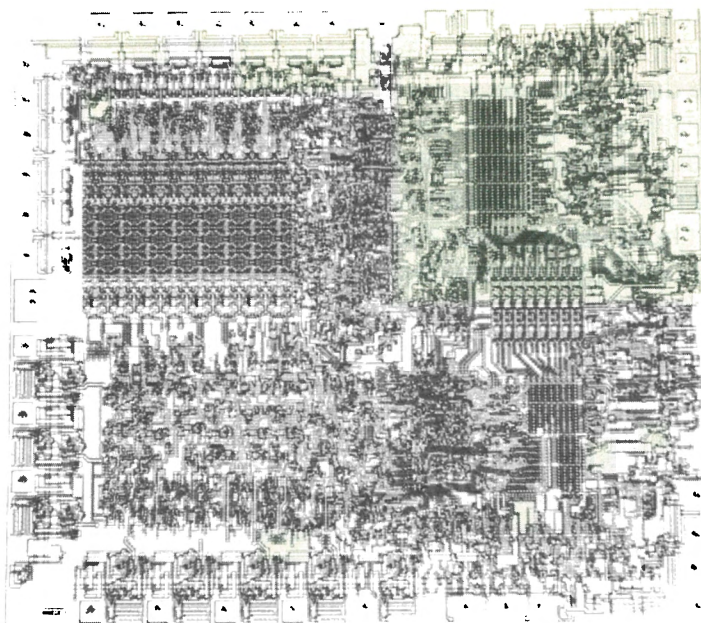
I fragili chip di silicio vengono disposti in contenitori di materiale plastico e ceramico. Questi contenitori (package) assomigliano ad insetti.

Un chip di microcomputer nelle sue dimensioni effettive.

vengono chiamati microprocessori. Al giorno d'oggi il microprocessore più noto è forse lo 8080A della Intel.

Per tornare al paragone iniziale, il costo della stampa dei francobolli postali non subisce un aumento in funzione della complessità del disegno del francobollo. E neppure il costo dei chip microelettronici aumenta con la maggiore complessità degli schemi incorporati nei chip di silicio. In effetti il prezzo di base dei chip microelettronici è rimasto costante nel tempo. Quando una industria di semiconduttori produce il suo primo avanzatissimo chip, ne vende i primi esemplari ad un prezzo compreso fra i 200 e i 300 dollari.

Se poi il chip in questione rappresenta un articolo veramente valido, si può essere sicuri che nel giro di due anni una mezza dozzina di altre compagnie ne avrà fatto delle copie, mettendole poi in vendita al prezzo di due o tre dollari per unità. Alla fine il chip verrà a costare un dollaro o anche meno. I costi di cui stiamo parlando pare che risultino sensibilmente invariati nel tempo e non subiscano mutamenti in seguito all'inflazione. Ciò significa che i prezzi dei chip in realtà diminuiscono, perché chiunque sa che il valore di cento dollari di oggi non è per nulla uguale a quello di cento dollari di dieci anni fa.

La valvola che costava due dollari nel 1950 è stata sostituita dal transistor, che costava dieci centesimi nel 1960. Al giorno d'oggi si è riusciti a porre un centinaio di migliaia di transistor in un singolo chip e se questo viene venduto per dieci dollari, allora vuol dire che il prezzo di un singolo

Per gentile concessione della Intel Corporation

La fotografia mostra con un forte ingrandimento il più diffuso microprocessore del giorno d'oggi, l'8080A della Intel.

transistor si è ridotto ad un centesimo di centesimo. Come si vede, si tratta di un salutare indice di deflazione. Se il dollaro avesse subito subito una inflazione pari alla deflazione che hanno subitó i costi nell'elettronica, un panino imbottito che nel 1950 sarebbe venuto a costare un dollaro, ora costerebbe qualcosa come ventimila dollari.

Alla diminuzione dei prezzi ed all'aumento della densità dei chip, si è accompagnato anche un aumento della velocità nelle prestazioni. Il chip di silicio che rappresenta l'equivalente di un centinaio di migliaia di valvole è un milione di volte più veloce della valvola stessa. In un futuro non troppo lontano, potremo calcolare i tempi delle operazioni logiche microelettroniche misurando le distanze che gli elettroni percorrono all'interno del chip, ricordando che gli elettroni si muovono alla velocità della luce. Infatti gli elet-

troni si muovono attraverso la superficie dei chip proprio alla velocità della luce, e le distanze che devono essere percorse dagli elettroni determinano la velocità con cui opera il chip. Di conseguenza, con l'aumentare della miniaturizzazione dei circuiti, e con il diminuire delle distanze, si ha un aumento della velocità operativa.

Quale sarà il punto finale di tutto ciò? Al momento, non siamo in grado di dirlo. Ogni due anni i produttori di dispositivi a semiconduttori sono in grado di aumentare di un fattore quattro l'elettronica che riescono a porre su di un singolo chip, mentre i prezzi rimangono invariati. Di conseguenza, possiamo calcolare che in due anni un chip di silicio conterrà l'equivalente di quattrocentomila valvole, in quattro anni l'equivalente di un milione e seicentomila, ed in sei anni, l'equivalente di sei milioni e quattrocentomila valvole.

Vi è in effetti un limite inferiore ai processi di miniaturizzazione dei circuiti, ed è rappresentato dall'ordine di grandezza delle dimensioni molecolari. Ma prima che si arrivi a tale limite, insorgeranno molti problemi connessi alla progettazione ed alla produzione di circuiti miniaturizzati.

I produttori di dispositivi a semiconduttori stanno peraltro già incontrando problemi con la radiazione cosmica. Le unità logiche singole che si trovano in un chip sono ormai diventate così piccole che qualora una particella di un raggio cosmico, dopo aver attraversato l'atmosfera, incidesse per caso su una molecola del materiale del circuito, si potrebbero avere alterazioni nello stato dell'elettronica del circuito.

È interessante notare che il punto logico microelettronico medio nel 1979 è approssimativamente dieci volte più grande di una cellula del cervello umano. Di conseguenza, quando l'industria dei semiconduttori aumenterà la densità logica microelettronica di un fattore dieci, si avvicinerà a dimensioni tipiche dei sistemi biologici. La microelettronica però è ben lontana dal competere con la biologia sul terreno delle realizzazioni, perché una singola cellula del cervello

umano è equivalente a forse diecimila punti logici microelettronici.

Alcuni esperti dell'industria dei semiconduttori ritengono che si incontrerà un limite nella quantità di elettronica che potrà essere posta su di un singolo chip. Io credo invece che, con lo sviluppo di tecnologie sperimentali attualmente allo studio, sarà possibile aumentare ancora la complessità dei chip. Se sono in errore su questo punto, allora vuol dire che alcune, ma non tutte le previsioni contenute in questo libro si riveleranno errate.

Per i lettori più al corrente queste sono le tecnologie che io credo ci permetteranno di andare avanti nella miniaturizzazione dei circuiti:

1) La logica binaria sarà sostituita da una logica quaternaria o da più complessi livelli di elettronica (il dottor Tich Dao della Signetics è probabilmente il "padre" della logica quaternaria).
2) Si arriverà alla produzione di dispositivi a semiconduttori tridimensionali. In altri termini, si potrà riempire un cubo di materiale con circuiti elettronici e si supereranno così le limitazioni connesse alla elettronica bidimensionale della superficie quasi piatta di un chip. La tecnologia VMOS in uso già oggi rappresenta un passo nella direzione delle tre dimensioni.
3) Nuove tecniche di fabbricazione (come quella del silicio su zaffiro) permetteranno una maggiore compattezza nella disposizione dei circuiti oltre a portare ad una ulteriore miniaturizzazione.

Molte volte un elenco di cifre finisce per non avere alcun significato, per cui uno si domanda, dopo aver letto una sfilza di cifre sbalorditive, quale ne sia il senso. Nel caso della microelettronica abbiamo fatto delle cifre per dire in sostanza che i futuri dispositivi microelettronici saranno in grado di compiere operazioni spaventosamente complesse, in frazioni di tempo incredibilmente piccole, praticamente senza alcun costo. Ma proviamo a ricavare un significato dalle ci-

fre che abbiamo elencato.

Nel secolo scorso, la diligenza era il principale mezzo di trasporto per terra. La sua velocità era di circa venticinque miglia all'ora e poteva trasportare forse cinque passeggeri. Negli ultimi cento anni, si sono fatti enormi passo avanti nel settore dei trasporti. Oggi l'aereo di linea supersonico Concorde rappresenta il più avanzato mezzo di trasporto esistente. Si muove alla velocità di 1300 miglia all'ora, vale a dire è circa cinquanta volte più veloce della diligenza. Trasporta duecento passeggeri, un numero superiore di quaranta volte a quello di una diligenza. Se così stanno le cose; se cioè il Concorde ha quaranta volte la capacità di una diligenza e cinquanta volte la sua velocità, allora, in termini elettronici il Concorde e la diligenza sono più o meno sullo stesso livello. Infatti in un tempo molto più breve le capacità della logica elettronica sono aumentate di un fattore centomila, mentre la velocità delle operazioni logiche è aumentata di un fattore di un milione. Se il Concorde fosse in grado di trasportare mezzo milione di passeggeri alla velocità di venti milioni di miglia orarie, allora rappresenterebbe un progresso rispetto alla diligenza paragonabile a quello realizzato nel settore della microelettronica nello stesso periodo di tempo. Ed il biglietto per un volo sul Concorde dovrebbe venire a costare meno di un centesimo perché si potesse fare un paragone con la diminuzione dei prezzi che si è avuta nel settore della microelettronica.

Ma non bisogna impressionarsi troppo di fronte a queste cifre, che abbiamo presentato unicamente per dare una idea dello sviluppo della microelettronica. Bisogna sempre tenere presente che l'industria dei semiconduttori è in ultima analisi una attività umana, e che gli uomini, sono soggetti a errori. La tecnologia che ha permesso ai produttori di dispositivi a semiconduttori di fare impressionanti guadagni, era per lo più di un livello molto, troppo elevato per la maggior parte dei progettisti.

Ciascun prodotto della microelettronica viene designa-

to di solito non con un nome, bensì con un numero. Ma quando un dispositivo viene introdotto per la prima volta, esso incorpora molti ed anche fondamentali errori di progettazione, per cui il suo progetto deve essere rivisto. Il prodotto che è stato revisionato riceve un nome, cioè un numero, preceduto da una lettera. "8080" era la cifra usata per identificare il più diffuso microprocessore disponibile sul mercato. Oggi però l'8080 non viene più usato, a causa dei problemi che il suo impiego presenta. Al suo posto viene usato lo 8080A.

Sfortunatamente, l'abilità con la quale i progettisti di dispositivi microelettronici introducono vistosi errori nei loro progetti viene compensata dalla destrezza degli addetti alle vendite, i quali riescono spesso a far passare i difetti per virtù. Le case produttrici fanno stampare magnifici dépliants che esaltano le caratteristiche di un nuovo prodotto, quando poi molte di queste peculiari e tanto esaltate caratteristiche non sono altro che errori di progettazione che gli ingegneri non hanno fatto in tempo a correggere, per cui gli addetti al marketing si danno un gran da fare per presentare gli errori incorporati nel progetto come delle caratteristiche vantaggiose. E tuttavia i progressi che si sono visti nel settore della microelettronica sono stati così spettacolari, che la clientela è ben disposta tutto sommato a chiudere un occhio e a non dare troppo peso a qualche "caratteristica" dei nuovi prodotti.

Succede anche di frequente che i progressi che si compiono nel giro di due o tre anni siano così sbalorditivi che gli utenti dei nuovi prodotti non sono in grado di comprenderne la tecnologia. Un ingegnere elettronico che si sia laureato una decina di anni fa, tornando nelle aule universitarie, non comprenderebbe nulla o quasi di quanto viene insegnato oggi. Per di più il livello dell'insegnamento nei corsi universitari di ingegneria elettronica è molto arretrato rispetto agli sviluppi che si sono avuti nell'industria. Nessuno sviluppo significativo, sia per quanto riguarda la tecnologia dei semi-

conduttori sia per quanto concerne l'impiego dei dispositivi microelettronici, ha avuto luogo all'interno delle università. Vi è motivo di ritenere con un buon margine di certezza che una situazione del genere continuerà a protrarsi anche in futuro.

Le cifre impressionanti cui abbiamo fatto ricorso per descrivere i progressi della microelettronica hanno un significato importante, perché riflettono il fatto reale di una semplice evoluzione industriale che si è trasformata in una autentica rivoluzione industriale.

Una tecnologia che è stata in grado di provocare una rivoluzione industriale deve necessariamente essere tale da sfuggire al controllo dei suoi ideatori. Le ragioni per le quali una situazione sfugge ad ogni controllo sono legate ovviamente alla imprevedibilità degli sviluppi che si succedono l'uno all'altro.

Possiamo benissimo convenire tutti sul fatto che la microelettronica stia veramente sfuggendo al controllo dei suoi ideatori.

La Intel Corporation viene universalmente riconosciuta come la compagnia tecnologicamente più avanzata in tutta l'industria dei semiconduttori. Presso l'Institute of Electrical and Electronic Engineers venne tenuto nel marzo del 1976 un seminario, nel corso del quale il dottor Robert Noyce, presidente della Intel, tenne una prolusione programmatica. Il dottor Noyce affermò che non si sarebbe mai potuto costruire un chip microelettonico che uguagliasse la complessità di un computer della IBM. Dopo neanche due anni dal momento in cui questa frase fu pronunciata, proprio la Intel produsse un chip microelettronico (noto come 8086), la cui complessità si avvicina a quella dei computer della IBM. È molto probabile che per il 1985 la Intel sarà in grado di produrre chip microelettronici che avranno esattamente le stesse capacità dei computer della IBM. E per quanto riguarda i prezzi, tenendo presente quanto abbiamo detto più addietro, tali prodotti verranno venduti inizial-

mente per duecento dollari, ed alla fine il prezzo scenderà a due dollari, di contro alle centinaia di migliaia di dollari dei computer della IBM.

Ora se i dirigenti delle industrie di semiconduttori, come il dottor Noyce, sono in grado di prevedere i ritmi di sviluppo delle loro società come abbiamo visto, come è possibile che altri riescano a fare di meglio?

Naturalmente non ci si può basare su di un solo esempio, come quello citato. Vi sono innumerevoli altri casi di presidenti di società che non riuscirono a prevedere gli avvenimenti. In fondo la predizione sbagliata del dottor Noyce non ha portato alcun danno alla Intel; è stata infatti la stessa Intel che si è presa la briga di smentirlo. In generale quando un presidente di una società sbaglia a valutare una certa situazione, allora succede che altre società vadano ad occupare gli spazi nuovi che si sono creati. Sarebbe stata forse una decisione ovvia, a suo tempo, per i produttori di valvole, quella di lanciarsi nella produzione dei transistor, con buone prospettive di mantenere intatte le posizioni di primato tecnologico. Anche i produttori di transistor non avrebbero poi fatto tanta fatica a diventare i migliori produttori nell'industria dei semiconduttori. Le cose però non sono andate così. La Intel, che ho citato come l'industria più avanzata nel campo dei semiconduttori, venne fondata nel 1968, e non produsse mai un transistor. La Zilog, che può essere considerata seconda solo alla Intel in fatto di innovazione tecnologica, venne fondata nel 1975 da due ingegneri che avevano lasciato la Intel. Anche la Zilog non ha mai prodotto un transistor. Di fatto ben pochi produttori di valvole furono in grado di prevedere l'avvento dei transistor, mentre successivamente furono le società produttrici di transistor a farsi prendere in contropiede dall'industria dei semiconduttori. In conclusione, pare che ogni processo di evoluzione tecnologica debba necessariamente portare ad una rivoluzione nel mondo delle aziende.

APPENDICE B
GLOSSARIO

Accesso sequenziale ai dati Si tratta dell'accesso ai dati come se questi fossero immagazzinati in una lunga linea; con l'accesso sequenziale bisogna partire dall'inizio della linea e percorrerla fino a quando non si è raggiunto il punto desiderato. I nastri magnetici immagazzinano dei dati sequenzialmente, infatti bisogna farli scorrere a partire dall'inizio per attingere l'informazione che si desidera.

Analista di sistemi È la persona che analizza il lavoro che un computer deve svolgere, e lo definisce nella forma di una logica di programma. Il programmatore parte da questa logica e la trasforma in un programma per il computer.

Analogico Una relazione di tipo continuo fra l'informazione e la sua rappresentazione si dice "analogica". Ad esempio, la lancetta di un orologio che si muove di moto continuo fornisce una rappresentazione analogica del tempo. Un'onda sonora fornisce una rappresentazione analogica del suono.

Banca dati Si tratta di una grande quantità di informazione immagazzinata in maniera leggibile da parte di un computer, e munita di opportuno indice degli argomenti, del quale il computer si serve per rintracciare l'informazione.

Bionica È la scienza che mette in relazione le funzioni e le caratteristiche dei sistemi viventi con i sistemi meccanici artificiali.

Cifra binaria (Binary Digit, BIT) Una cifra binaria è un numero che può avere il valore 0 oppure 1. Non esiste il 2 fra le cifre binarie, così come non esiste una cifra successiva al 9 fra le cifre decimali. Di conseguenza, nelle cifre binarie, il 2 diventa l'equivalente del 10. BIT è l'abbreviazione comunemente usata per "BInary DigiT".

Chip È un piccolo pezzo di silicio che contiene una quantità enorme di logica elettronica.

Circuito È una qualunque rete di logica elettronica interconnessa.

Dati digitali Quando l'informazione viene rappresentata come una sequenza di numeri che variano in successioni finite, allora la sequenza di numeri viene indicata come serie di dati digitali. Ad esempio, quando il tempo viene espresso con una serie di cifre, che rappresentano rispettivamente le ore, i minuti ed i secondi, allora si dice che il tempo viene rappresentato in maniera digitale, in passi finiti di un secondo ciascuno.

Disco laser Si tratta di un sottile disco di plastica, le cui superfici sono vestite di alluminio. L'informazione viene immagazzinata su questo disco mediante fori microscopici ricavati sulla superficie di alluminio. Un raggio laser viene usato per incidere questi fori, mentre un altro laser di potenza inferiore serve per rivelare la loro presenza.

Disco magnetico È un termine più generale di quello di "floppy disk". Infatti con esso si intendono dischi magnetici con superfici magnetiche rivestite, rigidi o flessibili, che vengono impiegati per immagazzinare delle istruzioni in forma leggibile da parte dei computer.

Dual in-line package (abbreviato in DIP) Si tratta della forma più usata di assemblaggio di circuiti micro elettronici. Consiste di un contenitore di materiale plastico o ceramico munito di connessioni elettriche distribuite in misura uguale fra le due facce della superficie del rettangolo.

Floppy disk È un disco sottile di plastica flessibile, dotato di superfici magnetiche, in cui viene immagazzinata dell'informazione in forma leggibile da parte di un computer.

Indicatori a cristallo liquido Un indicatore a cristallo liquido fa uso di uno strato sottile di liquido speciale posto fra due pezzi di vetro. Il liquido è normalmente opaco, ma diventa trasparente al passaggio di una debole corrente. Negli orologi digitali che segnalano in continuazione l'ora si fa uso di indicatori a cristallo liquido.

Indirizzo L'informazione può essere immagazzinata elettronicamente. Ad ogni posizione di immagazzinamento elettronico viene assegnato un numero. Tali numeri diventano poi gli indirizzi che vengono impiegati per estrarre l'informazione immagazzinata.

Industria del personal computer È l'industria che incominciò a produrre piccoli computer per dilettanti. Al giorno d'oggi tale industria produce microcomputer per una clientela vastissima, ed in particolar modo si dedica alla produzione di computer per la elaborazione dei dati per le piccole imprese.

Light emitting Diode (LED) o Fotodiodo È un componente elettronico che emana luce quando in esso viene fatta passare una debole corrente. Viene prevalentemente usato per creare dei semplici indicatori elettronici, come nel caso degli indicatori digitali degli orologi elettronici, che mostrano l'ora quando si preme un pulsante.

Logica I programmatori di computer intendono per "logica" quell'insieme di idee che trasformano in una serie di istruzioni, e che costituisce il programma di un computer. Gli ingegneri elettronici si servono invece del termine "logica" per designare i circuiti di loro creazione.

Mainframe Termine usato in generale per descrivere dei grossi computer.

Microcomputer Con tale termine si intende un computer molto piccolo che impiega un microprocessore come sua unità centrale di elaborazione.

Microelettronica È la logica elettronica rappresentata da circuiti elettronici che si trovano su di un chip.

Microprocessore Un microprocessore è un singolo chip microelettronico che contiene tutta la logica di una unità centrale di elaborazione (CPU).

Minicomputer Fascia di Computer che si suppone siano più piccoli dei computer mainframe e più grossi dei microcomputer.

Piastrina di memoria Tavoletta di plastica piatta contenente della logica elettronica, con la quale si immagazzina dell'informazione indirizzabile in forma leggibile da parte di un computer.

Programma Serie esplicita di istruzioni che vengono impartite ad un computer per fargli eseguire delle determinate operazioni.

Programmatore È la persona che scrive i programmi per computer.

Registrazione analogica La registrazione di onde sonore su di un nastro magnetico rappresenta un esempio di registrazione analogica.

Registrazione digitale Una onda sonora può venire rappresentata digitalmente, facendo corrispondere ai punti che si succedano a intervalli fissi lungo l'onda stessa degli opportuni numeri. Questi numeri vengono registrati al posto dell'onda sonora continua.

Riconoscimento ottica dei caratteri (abbreviazione inglese OCR da Optical Character Recognition). Processo di lettura elettronica di caratteri stampati.

Semiconduttori Materiali solidi che diventano conduttori di corrente in opportune condizioni. Materiali semiconduttori vengono impiegati in tutti i circuiti microelettronici.

Silicio Elemento chimico alla base di quasi tutti i materiali semiconduttori.

Silicon Valley Denominazione che viene data in gergo all'area geografica fra San Francisco e San José in California. L'industria principale di questa area è rappresentata dalla produzione di materiali semiconduttori e di chip elettronici ricavati dalla lavorazione del silicio.

Terminale intelligente Terminale di computer consistente di un video, una tastiera ed una piccola unità di controllo in grado di effettuarne la gestione autonoma.

Unità centrale di elaborazione (abbreviato in CPU da Central Processing Unit). È lo strumento di controllo di ogni parte di un computer, e ne rappresenta il "cervello".

APPENDICE C

UN ELENCO DI SOCIETA'

Viene qui dato un elenco di nomi e di indirizzi delle società di cui abbiamo parlato.

Alpha Micro Systems
17881 Sky Park North, Suite N
Irvine, CA 92714

Amateur Computer Group
of New Jersey
UCTI
1776 Raritan Road
Scotch Plains, NJ 07076

Amdahl Corporation
1250 East Arques Avenue
Sunnyvale, CA 94086

American Electronics
Association
2600 El Camino Real
Palo Alto, CA 94306

American Telephone
& Telegraph (AT&T)
Bedminster, NJ 07921

Ampex Corporation
401 Broadway
Redwood City, CA 94063

Apple Computer Corporation
10260 Bandley Drive
Cupertino, CA 95014

Atari
2175 Martin Avenue
Santa Clara, CA 95050

Bell Telephone (see American
Telephone & Telegraph)

Bowmar
850 Lawrence Drive
Newbury Park, CA 91320

Brunswick Corporation
One Brunswick Plaza
Skokie, IL 60076

Bulova
75-20 Astoria Boulevard,
Jackson Heights
New York, NY 11370

Bureau of Labor Statistics
Western Regional Office
450 Golden Gate Avenue
San Francisco, CA 94102

Burroughs Corporation
1733 N. First Street
San Jose, CA 95112

Casio
P.O. Box 7038
Downey, CA 90241

Centre Eletronique
Horloge S.A. (CEH)
Rue A.L. Breguet 2
200 Neuchatel
Svizzera

Commodore
3330 Scott Boulevard
Santa Clara, CA 95051

The Computer Store
820 Broadway
Santa Monica, CA 90401

Control Data Corporation
P.O. Box 0
Minneapolis, MN 55440

Cray Research Inc.
1440 Northland Drive
Mendota Heights, MI 55120

Data General
2445 Faber Place
Palo Alto, CA 94303

Datapoint
9725 Datapoint Drive
San Antonio, TX 78284

Diablo Systems/Xerox
24500 Industrial Boulevard
Hayward, CA 94545

Digital Equipment Corporation
146 Main Street
Paynard, MA 01754

Exxon Enterprises, Inc.
1251 Avenue of the Americas
New York, NY 10020

Fairchild Camera & Instrument
Corporation
464 Ellis Street
Mountain View, CA 94042

Friden, now TRW Customer
Service Division
70 New Dutch Lane
Fairfield, NJ 07006

General Motors Corporation
3044 W. Grand Boulevard
Detroit, MI 48202

Hamilton Watch Company
Lancaster, PA 17604

Heuristics
Box B
N. San Antonio Road
Los Atlos, CA 94022

Hewlett-Packard
1501 Page Mill Road
Palo Alto, CA 94304

Honeywell
2025 Gateway Plaza
San Jose, CA 95110

Horn & Hardart
1163 -- 6th Avenue
New York, NY 10009

Hughes Research
& Developement
Microeletronic Products Division
500 Superior Avenue,
Department E8
Newport Beach, CA 92663

IBM
(International Business Machines)
Old Orchard Road
Armonk, NY 10504

IMSAI (formerly IMS Associates)
14680 Wick Boulevard
San Leandro, CA 94577

Institute of Electrical
and Electronic
Engineers (IEEE)
354 East 47 th Street
New York, NY 10017

Intel Corporation
3065 Bowers Avenue
Santa Clara, CA 95051

International Computers,
Ltd. (ICL)
1 Tutney High Street
London SW15
England

International Telephone
& Telegraph (ITT)
320 Park Avenue
New York, NY 10022

Intersil, Inc.
10710 North Tantau Avenue
Cupertino, CA 95014

Lanier Business
Products, Inc.
1900 Lafayette
Santa Clara, CA 95050

Lexitron
1400 Coleman Avenue
Santa Clara, CA 95050

Litronix Inc.
19000 Homestead Road
Cupertino, CA 95014

Logical Machine Corporation
(LOMAC)
1294 Hammerwood Avenue
Sunnyvale, CA 94086

Magnavox
1700 Magnavox Way
Fort Wayne, IN 46804

Matsushita
Box 288
Osaka, Japan

Mattel
5150 Rosecrans Avenue
Hawthorne, CA 90250

Micro Instrumentation
& Telemetry
Systems (MITS)
6328 Linn N.E.
Albuquerque, NM 87108

Microdata Systems
10132 Bilich Plaza
Cupertino, CA 95014

Monroe
P.O. Box 9000R
Morristown, NJ 07960

The Motor Cycle Association of
Great Britain Ltd.
Starley House, Eaton Road
Coventry, England CV12FH

Motorola Incorporated
5005 E. McDowell Road
Phoenix, AZ 85036

National Aeronautics & Space
Administration (NASA)
400 Maryland Avenue SW
Washington, D.C. 20546

National Semiconductor
2900 Semiconductor Drive
Santa Clara, CA 95051

NCR (National Cash Register)
8181 Byers Road
Miamisgurg, OH 45409

North Star Computers
(formerly Kentucky
Fried Computers)
2547 Ninth Street
Berkeley, CA 94710

Parker Brothers
190 Bridge Street
Salem, MA 01970

Pertec Computer Corporation
P.O. Box 92300
Los Angeles, CA 90009

Popular Electronics Magazine
One Park Avenue
New York, NY 10016

Postal Instant Press, Inc.
P.O. Box 48002
Los Angeles, CA 90048

Qantel Corporatio
3474 Invesment Boulevard
Hayward, CA 94545

Radio Shack, a division of
Tandy Corporation
1600 One Tandy Center
Fort Worth, TX 76102

RCA
Route 202
Somersville, NJ 08876

Sanders Associates, Inc.
95 Canal Street
Nashua, NH 03060

Seiko Time Corporation
640 - 5th Avenue
New York, NY 10019

Shell Development Company
1 Shell Plaza
P.O. Box 2463
Houston, TX 70001

Signetics
811 East Arques Avenue
Sunnyvale, CA 94086

Singer Corporation
30 Rockefeller Plaza
New York, NY 10020

Smith-Corona Marchant (SCM)
299 Park Avenue
New York, NY 10017

Smith-Kettlewell Institute of
Visual Sciences
2232 Webster
San Francisco, CA 94115

Sony Corporation of America
9 West 57 th Street
New York, NY 10019

SRI International (Formerly
Stanford Research Institute)
333 Ravenswood Avenue
Menlo Park, CA 94025

Texas Instrumens
P.O. Box 225474
Dallas, TX 75265

Timex Corporation
20605 Valley Green Drive
Cupertino, CA 95014

Unimation
Shelter Rock Lane
Danbury, CT 06810

Univac (now Sperry-Univac)
P.O. Box 500
Bluebell, PA 19424

U.S. Securities & Excange
Commission
450 Golden Gate Avenue
San Francisco, CA 94102

Vector Grapich, Inc.
31364 Via Colinas
Westlake, CA 91361

Vydec
9 Vreeland Road
Florham Park, NJ 07932

Wang Laboratories
1 Industrial Avenue
Lowell, MA 01851

Warner Communications
75 Rockefeller Plaza
New York, NY 10020

Westlaw
50 West Kellog
St. Paul, MN 55165

Xerox Corporation
Stamford, CT 06904

Xerox Palo Alto
Research Center (PARC)
3333 Coyote Hill Road
Palo Alto, CA 94304

Zilog,Inc.
10340 Bubb Road
Cupertino, CA 95014

Blocpix, Divisione
della Watson-Manning
972 East Broadway
Stratford, CT 06497

QWIP Systems
Divisione della Exxon
Enterprises, Inc.
5551 Vanguard Road
Orlando, Florida 32809

Riferimenti bibliografici

American Electronics Association 1978 Directory. Palo Alto, Calif.: American Electronics Association, 1978.

"Bowmar Instrument Files for Bankruptcy." *Electronics,* 20 febbraio 1979.

Braun, Ernest, e MacDonald, Stuart. *Revolution in Miniature: The History and Impact of Semiconductor Electronics.* Cambridge: Cambridge University Press, 1978.

"Broad Digital-Watch Shakeout Coming." *Electronics,*25 Dicembre, 1975.

"C/MOS Watch Kit Aims at Potential $50 Milion Marcket." *Electronics,* 17 Gennaio, 1972.

Dean, K.J. and White, G. "The Semiconductor Story." *Wireless World, Gennaio 1973.*

Freemen, C. The Economics of Industruial Innovation. London: Penguin, 1974.

Halacy, D. S., Jr. *Computers, The Machines We Think With.* New York: Dell Publishing Co., 1962.

Hawkes, Nigel. *The Computer Revolution.* London: Thames e Hudson, 1971.

"Intel Drops Digital Watch Line." *Palo Alto Times,* 8 Settembre, 1977.

International Computers, Ltd. Annual Company Report, 1967.

Kay, Alan, and Goldberg, Adele. "Personal Dynamic Media." *Computer,* Marzo 1977.

Kwitny, Jonathan. *The Fountain Pen Conspiracy.* New York: Knopf, 1973.

"Liquid Crystal, C/MOS Watch Gets Market Date." *Electronics, 3 Gennaio, 1972.*

Mansfield, E. The Economics of Technological Change. London: Longman, 1969.

Martin James. *Future Developments in Telecomunications.* 2ª edizione. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall, 1977.

Martin, James. *The Wired Society.* Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall, 1978.

Motor Cycle Association of Great Briatain. "The Motor Cycle Industry in a Nutshell." Starley House, Eaton Road, Coventry, England, 1976 e 1979.

"New IC Market: Electronic Watches." *Electronics,* 21 Dicembre, 1970.

"$19.95 Watch Coming from T.I. " *Electronics,* 22 Gennaio, 1976.

"1978 Microcomputer Survey." *Interface Age,* vol. 4, 1, Gennaio 1979.

Pilarski, Laura. "Swiss Make Up for Lost Time." *Electronics,* 28 Aprile 1977.

Sagan, Carl. *The Dragons of Eden: Speculations on the Evolution of Human Intelligence.* New York: Ballantine Books, 1977.

Schneiderman, Ron, and Connolly, Roy. "Semiconductor Firms Fight Watch Duty," *Electronics,* 18 Marzo, 1976.

Standard and Poor's Annual Labor Cost Study 1974. "1973 Labor Costs and Per-Employee Sales of Selected Industrial Companies,"

Standard and Poor's Industry Surveys. "Labor Costs Special Report." 12 Ottobre, 1978.

"Surviving a Microcomputer Shift." *Business Week,* 16 Aprile, 1979.

Tilton, John E. *International Diffusion of Technology: The Case of Semiconductors.* Washington, D.C.: Brookings Institution, 1971.

"T.I.'s Liquid Crystals Set for Digital Watch." *Electronics,* 24 Aprile, 1972.

Walker, Gerald. "LCD Startup Bedevils Watch Firms." *Electronics.* 18 Agosto, 1977.

Walker, Gerald. "Timex Goes on the Offensive." *Electronics,* 23 Giugno, 1977.

Wang Laboratories Annual Company Report, 1967.

46
MICROELETTRONICA: La nuova Rivoluzione Industriale
Adam Osborne
GRUPPO
EDITORIALE
JACKSON